

134



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"VARIACION DE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA  
DE LA INFAUNA MACROBENTICA EN EL GRADIENTE  
BATIMETRICO DEL SECTOR OCCIDENTAL DEL  
ESCARPE DE CAMPECHE, SUROESTE DEL  
GOLFO DE MEXICO"

295220

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G A  
P R E S E N T A  
CARLA GUADALUPE MUÑOZ IRIGOYEN



DIRECTOR DE TESIS: ELVA GUADALUPE ESCOBAR BRIONES



2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
 REPUBLICA NACIONAL  
 AVENIDA DE  
 MEXICO

**MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO**  
 Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
 Facultad de Ciencias  
 Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis "Variación de la estructura comunitaria de la infauna macrobéntica en el gradiente batimétrico del sector occidental del Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México" realizado por Carla Guadalupe Muñoz Irigoyen

con número de cuenta 9560318-0 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dra. Elva Guadalupe Escobar Briones

*Elva Escobar Briones*

Propietario Dr. David Alberto Salas de León.

Propietario Dra. Dora Azucena Herroz Zamorano

Suplente Dra. María Adela Monreal Gómez

*Adela Monreal*

Suplente Dr. Guillermo Salgado Maldonado

*Guillermo Salgado Maldonado*

FACULTAD DE CIENCIAS  
 U.N.A.M.  
 Consejo Departamental de Biología

*[Firma]*  
 Dra. Patricia Ramos Morales



DEPARTAMENTO  
 DE BIOLOGIA

*Este trabajo esta dedicado especialmente*

*a mis padres:*

*Guadalupe y Cristobal*

*y mis Hermanos:*

*Omar y Hugo*

## INDICE

LISTA DE TABLAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
HIPÓTESIS.....	1
OBJETIVOS.....	1
FUNDAMENTO.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	6
ÁREA DE ESTUDIO.....	7
MÉTODO.....	15
1. Trabajo de campo.....	15
2. Trabajo de laboratorio.....	21
3. Análisis de datos.....	26
RESULTADOS.....	27
1. Factores ambientales.....	27
2. Estructura de la comunidad.....	36
3. Densidad.....	43
4. Biomasa.....	46
DISCUSIÓN.....	53
CONCLUSIONES.....	60
REFERENCIAS.....	62
APÉNDICES.....	71
AGRADECIMIENTOS.....	79

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de las estaciones de muestreo, profundidad y zonas batimétricas en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México.....	15
Tabla 2. Factores ambientales de las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México (Nd = No hay dato).....	29
Tabla 3. Composición taxonómica de la infauna identificada en las muestras de macrofauna colectadas en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México (clasificación según Brusca y Brusca, 1990).....	38
Tabla 4. Porcentaje de la abundancia de los componentes dominantes de la macrofauna en el Escarpe de Campeche.....	41
Tabla 5. Porcentaje de la macrofauna por zonas batimétricas (PC = Plataforma continental; RC = Reborde continental; EC = Elevación continental; ZA = Zona abisal).....	42
Tabla 6. Densidad (ind.m <sup>-2</sup> ) de los grupos taxonómicos dominantes en el Escarpe de Campeche (Est. = Estación).....	44
Tabla 7. Porcentaje calculado a partir de la biomasa (gC.m <sup>-2</sup> ) de cada grupo taxonómico de la macrofauna en las estaciones de muestreo (Est. = Estación).....	51
Tabla 8. Promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la densidad (ind.m <sup>-2</sup> ) y la biomasa (gC.m <sup>-2</sup> ) de la macrofauna en las estaciones de muestreo.....	52
Tabla 9. Resumen comparativo de la densidad (ind.m <sup>-2</sup> ) y la biomasa (gC.m <sup>-2</sup> ) promedio de la infauna macrobéntica con diferentes regiones del océano mundial.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. División de las provincias del Golfo de México. 1) Centro del Golfo de México, 2) Noroeste del Golfo de México. 3) Sur de la plataforma y talud continental de Florida, 4) Banco de Campeche, 5) Bahía de Campeche, 6) Este de la plataforma y talud continental del Golfo de México, 7) Norte del Golfo de México (modificado de Antoine, 1972).....8

Figura 2. Límites geomorfológicos de la Península de Yucatán (modificado de López, 1981).....9

Figura 3. Mapa de la ubicación de las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México según Pequegnat (1971).....16

Figura 4. Sonda de registro continuo de conductividad, temperatura y profundidad (CTD) .....18

Figura 5. Nucleador de caja tipo US -NEL.....18

Figura 6. Caja del Nucleador US-NEL con el sedimento colectado.....19

Figura 7. Mesa de tamizado múltiple del sedimento.....20

Figura 8. Relación de la temperatura (°C) con la profundidad (m).....27

Figura 9. Relación de la concentración de oxígeno disuelto (mg.l<sup>-1</sup>) del agua fondo con la profundidad (m). .....28

Figura 10. Relación de la concentración de la clorofila *a* (µg.cm<sup>-3</sup>) con la profundidad (m).....30

Figura 11. Relación entre el contenido de carbono orgánico (%) con la concentración de clorofila *a* (µg.cm<sup>-3</sup>) en el sedimento. ....31

Figura 12. Relación del % de limos en el sedimento con la profundidad (m).....32

Figura 13. Relación del % de carbono orgánico con el % de limos.....32

Figura 14. Relación del contenido de carbono orgánico (%) con la profundidad (m) .....33

Figura 15. Relación del contenido de carbono orgánico (%) con la temperatura (°C) .....34

Figura 16. Relación del contenido de nitrógeno orgánico (%) con el oxígeno disuelto (mg.l<sup>-1</sup>) .....35

Figura 17. Relación del contenido de carbonatos (%) con la profundidad (m).....35

Figura 18. Relación del número de *Phytia* con la profundidad (m).....36

Figura 19. Relación de la abundancia promedio con la profundidad (m).....37

Figura 20. Relación de la abundancia promedio con la temperatura (°C).....39

Figura 21. Relación de la abundancia promedio con la concentración de clorofila *a* (µg.cm<sup>-3</sup>) en el sedimento.....39

Figura 22. Relación de la abundancia promedio con el contenido de carbono orgánico(%) en el sedimento.....40

Figura 23. Relación de la abundancia promedio con la biomasa promedio ( $gC.m^{-2}$ ).....	40
Figura 24. Distribución del % de la composición de los grupos dominantes de la macrofauna por zona batimétrica (PC = Plataforma continental; RC = Reborde continental; EC = Elevación continental; PA = Planicie abisal).....	42
Figura 25. Caracterización de los componentes faunísticos con base en su frecuencia (%) y abundancia (ln) (1 = ácaros; 2 = escafópodos; 3 = copépodos; 4 = nematodos; 5 = poliquetos).....	43
Figura 26. Relación de la densidad promedio ( $ind.m^{-2}$ ) con la profundidad (m).....	44
Figura 27. Relación de la densidad promedio ( $ind.m^{-2}$ ) con la temperatura ( $^{\circ}C$ ).....	45
Figura 28. Relación de la densidad promedio ( $ind.m^{-2}$ ) con la concentración de clorofila <i>a</i> ( $\mu g.cm^{-3}$ ) en el sedimento.....	45
Figura 29. Relación de la densidad promedio ( $ind.m^{-2}$ ) con el contenido de carbono orgánico (%) en el sedimento.....	46
Figura 30. Relación de la biomasa promedio ( $gC.m^{-2}$ ) con la profundidad (m).....	47
Figura 31. Relación de la biomasa promedio ( $gC.m^{-2}$ ) con la concentración de oxígeno disuelto( $mg.l^{-1}$ ).....	47
Figura 32. Relación de la biomasa promedio ( $gC.m^{-2}$ ) con el contenido de carbono orgánico (%).....	48
Figura 33. Relación de la biomasa promedio ( $gC.m^{-2}$ ) con la concentración de clorofila <i>a</i> ( $\mu g.cm^{-3}$ ) en sedimento.....	48
Figura 34. Biomasa promedio ( $gC.m^{-2}$ ) de los grupos dominantes por zona batimétrica (PC = Plataforma continental; RC = Reborde continental; EC = Elevación continental; PA = Planicie abisa).....	49

## RESUMEN

Este estudio contribuye al conocimiento de la estructura de las comunidades bénticas de aguas tropicales y la relación de éstas con los factores ambientales en condiciones naturales. La variación de la estructura comunitaria de la infauna macrobéntica se describe a diferentes estratos de profundidad en un intervalo de 183 m en la plataforma continental hasta 3,200 m en la planicie abisal. Las muestras se recolectaron en fondos suaves en seis localidades a lo largo de un transecto a bordo del B/O Justo Sierra en el Escarpe de Campeche. Se identificaron 70 taxa agrupados en once Phyla. Los taxa más frecuentemente representados en las seis localidades fueron los anélidos poliquetos, los nemátodos y los crustáceos. La densidad media varió de  $3,800 \pm 812$  a  $37,750 \pm 5,080$  ind.m<sup>-2</sup> y la biomasa media presentó valores en un intervalo de  $0.69 \pm 0.18$  a  $5.39 \pm 1.36$  gC.m<sup>-2</sup>. Los valores más bajos de densidad y biomasa ocurrieron en la zona de la elevación continental; los más elevados en la plataforma continental. La tendencia general, tanto de la densidad como de la biomasa, fue a disminuir con el incremento de la profundidad ( $r = -0.81$  y  $r = -0.73$  respectivamente) y caracterizó al Escarpe de Campeche. Los factores ambientales que determinaron los patrones de variación en la densidad y la biomasa incluyeron además de la profundidad, la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y el porcentaje de carbono orgánico en el sedimento. La temperatura decreció con el incremento de la profundidad y varió de 4.32 a 16.55 °C ( $r = 0.99$  y  $r = 0.98$  respectivamente). La concentración de oxígeno disuelto mostró los valores más bajos en el margen y reborde continental y los más elevados tanto en la plataforma continental como en la zona abisal variando de 6.28 a 10.93 mg.l<sup>-1</sup>. El porcentaje más elevado de carbono orgánico se encontró en la plataforma continental y el menor en la planicie abisal; que varió de 6.88 a 0.64% ( $r = 0.94$  y  $r = 0.85$  respectivamente). En la composición del tamaño de grano en la mayor parte de las estaciones los limos predominan como el componente más importante con porcentajes de 95.80 a 85.10 %. En general los valores de densidad y biomasa en las diferentes zonas de estudio fueron más elevados en comparación a los valores registrados por otros autores en diferentes sectores del Golfo de México. Los valores son similares a los registrados para el Atlántico tropical. La tendencia de disminución de la densidad y la biomasa con el incremento de la profundidad es un patrón consistente con la mayoría de los estudios realizados en el océano mundial. La información generada en ese estudio permitirá elaborar modelos predictivos a futuro que permitan establecer el efecto del enriquecimiento por materia

orgánica sobre las bénticas que habitan los fondos suaves en el Escarpe de Campeche en el sur del Golfo de México.

## ABSTRACT

This study contributes to our knowledge of the tropical benthic community structure of and its relation with environmental factors at natural conditions. The variability of the community structure of benthic macroinfauna is described for different depth strata within the range of 183 m in the continental shelf to 3,200 m on the abyssal plain. Sediment samples of soft bottoms were obtained in six locations along an offshore transect on board the R/V *Justo Sierra* on the Campeche Scarpment. A total of 21 taxa, grouped in eleven phyla were identified. The most frequently recorded taxa in all six locations included the polychaetes, the nematodes and the crustacea. The mean density values ranged from  $3,800 \pm 812$  to  $37,750 \pm 5,080$  ind.m<sup>-2</sup> and the mean biomass ranged from  $0.69 \pm 0.19$  to  $5.39 \pm 1.36$  gC.m<sup>-2</sup>. The lowest density and biomass values were recorded on the continental rise, the largest values on the continental shelf. A general diminishing trend of both density and biomass with increasing depth ( $r = -0.81$  and  $r = -0.73$  respectively) characterised the Campeche Scarpment transect. The environmental factors that determined the observed density and biomass pattern included besides the depth, the temperature, the concentration of dissolved oxygen and the percentage of organic carbon content in sediment. The temperature decreased with increasing depth, 4.32 to 16.55 °C ( $r = 0.99$  temperature-density;  $r = 0.98$  temperature-biomass). The concentration of dissolved oxygen showed lowest values on the continental margin and highest in both the continental shelf and abyssal plain with values ranging from 6.28 to 10.93 mg.l<sup>-1</sup>. The largest percentage of organic carbon content was recorded in the continental shelf sediments and the lowest in the abyssal plain, 6.88 and 0.64 respectively ( $r = 0.94$  o.m.-density;  $r = 0.85$  o.m.-biomass). The sediment grain size composition was mostly characterised by silts in percentages of 95.80 to 85.10 %. In general, the density and biomass values in all different depth zones in the Campeche Scarpment were larger than values recorded by other authors in the tropical Atlantic. The diminishing trend of both density and biomass with increasing depth is a consistent pattern with most studies elsewhere in the world ocean. The information provided by this study will help the structuring of prediction models in the future that may establish the effect of organic matter enrichment in benthic communities that inhabit soft bottoms in the Campeche Scarpment in the Southern Gulf of Mexico.

Este trabajo pretende describir la estructura y composición de las comunidades de la infauna macrobéntica del Escarpe de Campeche en el Golfo de México, aportando conocimientos no disponibles actualmente.

## HIPÓTESIS

Al analizar la estructura de la comunidad de la macrofauna béntica en el Escarpe de Campeche, a lo largo de un transecto latitudinal, se permitirá explorar la hipótesis de que la ausencia de la influencia de los ríos en los fondos marinos de los trópicos, disminuye el aporte potencial de materia orgánica desde la plataforma continental hacia el bentos profundo afectando la riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la infauna macrobéntica. Se esperaría que la densidad y la biomasa sean significativamente más bajas que en otras zonas del suroeste del Golfo de México por la ausencia de aportes fluviales.

## OBJETIVOS

### General

Describir la variación de la estructura comunitaria (composición faunística, densidad y biomasa) de la infauna macrobéntica en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México.

### Particulares

1. Caracterizar el hábitat que ocupa el bentos desde la plataforma continental hasta la zona abisal
2. Describir la composición y variación faunística de la comunidad macrobéntica en las diferentes zonas batimétricas
3. Describir la variación de la densidad y la biomasa de la comunidad macrobéntica
4. Analizar la vinculación de los parámetros de la estructura comunitaria con los factores ambientales que describen el hábitat del bentos tales como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto de fondo, y en el sedimento la concentración de clorofila, materia orgánica y tamaño de grano.

## FUNDAMENTO

El bentos en los fondos marinos, está sujeto a la presencia de materia orgánica en el sedimento. En aguas costeras ésta proviene de la descarga de los ríos o la producción en el sedimento en las aguas someras. Estos aportes justifican valores elevados de la abundancia y biomasa de la comunidad béntica. A mayor distancia de la costa y con el incremento de la profundidad la cantidad de materia orgánica disminuye y genera cambios en la abundancia y biomasa de dicha comunidad. Los mares tropicales proveen una limitante adicional; la columna de agua permanece estratificada en la zona oceánica casi permanentemente, generando condiciones prolongadas de oligotrofia, por ende el aporte a los fondos tendría implicaciones sobre la estructura de las comunidades que dependen de la materia orgánica. Por ello esta tesis se vuelve importante al permitir entender las características del hábitat y de la comunidad en estos sistemas empobrecidos y contribuye al conocimiento de los ecosistemas tropicales.

## INTRODUCCIÓN

El océano ocupa el 71 % de la superficie de la Tierra. Las partes más profundas del suelo marino o trincheras son de casi 11,000 m desde la superficie y la profundidad promedio del océano es de 3,800 m aproximadamente. El total del volumen del ambiente marino es cerca de  $1370 \times 10^6$  km<sup>3</sup>, provee aproximadamente 300 veces más espacio para la vida que el que provee la tierra y el agua dulce juntas. Los primeros signos de vida se dieron en los océanos hace millones de años, todos los phyla conocidos (extintos y existentes) se originaron en el mar; sin embargo, algunos migraron hacia los ambientes de agua dulce o terrestres y el agua es sin duda el componente principal para todos los organismos vivos. Actualmente hay más taxa en los océanos que en el agua dulce o en la tierra, sin embargo, el 80 % de todas las especies de animales reconocidas a la fecha no son marinas; la diferencia en el número de especies es debida principalmente a la gran variedad de hábitats desarrollados sobre la tierra y al escaso conocimiento de la biota marina (Lalli y Parsons, 1993).

El ambiente marino se caracteriza por factores físicos, químicos y geológicos que son condicionantes para la vida tales como la profundidad, la salinidad, la temperatura, la densidad, la cantidad de luz, la turbidez y el tipo de sustrato. Los factores biológicos determinan la estructura de la comunidad (composición y la abundancia de las especies), los cambios temporales entre las relaciones de las especies y la naturaleza de las fuentes alimenticias de cada zona están determinadas por los mecanismos de competencia, depredación y recursos; sujetándola a cualquier modificación del hábitat y teniendo una repercusión final en él o en las especies que la componen (Krebs, 1985). El crecimiento de las plantas marinas también está limitado por la disponibilidad de los nutrientes esenciales, así como de los diferentes factores físicos y biológicos.

El agua de mar es más densa que el aire, por lo que hay una gran diferencia en la forma en que afecta la gravedad a los organismos. Las grandes fluctuaciones ambientales ocurren sobre la superficie del agua, donde la interacción con la atmósfera da como resultado un intercambio de gases produciendo variaciones en la temperatura y salinidad, y crea por los vientos la turbulencia en el agua (Lalli y Parsons, 1993).

La salinidad muestra una variación amplia en la zona costera debido al aporte fluvial y dicha variación llega a extenderse sobre la plataforma continental en la capa superficial (Ingmanson y Wallace, 1989). Los gradientes verticales en los parámetros ambientales son rasgos predominantes de los océanos, en lo más profundo de la columna de agua las condiciones se vuelven más constantes. Esta estabilidad de las zonas profundas se caracteriza por ausencia de luz, temperatura constante de 2-4°C y el alimento, por la ausencia de fotosíntesis se vuelve sumamente escaso. Por otro lado la presión hidrostática se incrementa con la profundidad obligando a los organismos a tener adaptaciones metabólicas específicas (Lalli y Parsons, 1993).

Los fondos se caracterizan por una gran variabilidad en el tipo de grano, que determina la composición de las especies; no sólo cualitativamente, sino también como parámetro que determina la estructura de la biocenosis como diversidad específica para ser correlacionada a la estructura sedimentaria. La biomasa béntica tiene una relación estrecha con el tipo de sustrato (Saila, 1976). El tamaño de grano es un parámetro determinante (Jansson, 1976), para la fauna que vive en el sedimento (Fresi et al., 1983).

La característica principal del hábitat béntico es el sustrato, y el tamaño del grano del sedimento que influyen en los animales que viven sobre y dentro del fondo (McLusky y McIntyre, 1988, citados por Hernández, 1995). El sedimento no sólo ofrece soporte y protección, sino también una fuente de alimento (Kingston, 1987; citado por Hernández, 1995), lo cual está estrechamente vinculado a las variaciones en el tamaño de partícula, estabilidad del sedimento y mineralogía que determinan el espacio del poro disponible y restringe las cantidades de materia orgánica y oxígeno que penetran los espacios intersticiales (Gray, 1974).

Los organismos que viven en asociación con el fondo marino son colectivamente llamados bentos (Lalli y Parsons, 1993). Los organismos del bentos se han clasificado principalmente por su tamaño así como por el tipo de alimentación, requerimientos respiratorios, movilidad y posición en el sedimento. La separación de las categorías por tamaño en las comunidades marinas bentónicas data desde Mare (1942). Esta separa a los organismos en categorías por su tamaño, basadas en la retención por diferentes tamaños de malla de tamiz.

La tala permite a la vez distinguir entre un organismo móvil de la epifauna, o excavadores de la macrofauna y pequeños animales intersticiales o meiofauna (Gage y Tyler, 1991).

El presente trabajo se aboca a estudio de los organismos del bentos que habitan dentro del sedimento denominados infauna e incluye a organismos eucariontes metazoarios, en el intervalo de tala de la macrofauna ( $>0.5$  mm).

La macrofauna puede alimentarse por filtración extrayendo partículas orgánicas suspendidas en el agua muchos de los organismos móviles pueden en ser detritívoros, es decir, que se alimentan de la materia orgánica presente en el sedimento incluyendo a las bacterias y meiofauna, llevándolos a ser depredadores (Brusca y Brusca, 1990).

El aporte de la materia orgánica que llega al fondo marino proviene de diversas fuentes; el mayor aporte se realiza por vía acuática. En aguas someras el origen es la producción primaria béntica. En la zona costera el aporte proviene del flujo fluvial y la producción generada de los florecimientos en los frentes fluviales. En la zona nerítica la producción estacional de la columna de agua es exportada a lo largo del reborde continental generando el depósito marino de carbono biogénico. Los fondos ubicados bajo la zona oceánica se encuentran limitados en aporte de carbono biogénico, pequeño y ocasional.

Por otra parte existe una relación entre la cantidad de las aguas descargadas dentro de las plataformas continentales y la producción de peces que han sido particularmente bien estudiados en el Golfo de México. Soberón-Chávez y Yáñez-Arancibia (1985) revisaron esto sobre una base global en gran detalle para los estados de la costa oeste del Golfo de México, durante un periodo de ocho años, encontrando una correlación positiva entre la media anual de las descargas de los ríos y el rango captado de los peces neríticos sobre la plataforma (Longhurst y Pauly, 1987).

## ANTECEDENTES

Las comunidades bénticas tropicales de fondos blandos en general no han sido estudiadas en gran detalle. Para las comunidades bénticas de la plataforma continental, la distribución zoogeográfica puede ser de expectación para imponer contrastes significativos en los tipos de comunidades que se encuentran en ambientes comparables en cada océano. Las comunidades bénticas tropicales varían por la estacionalidad, la producción primaria y el aporte de nutrientes, oxígeno disuelto y las condiciones ambientales como salinidad, temperatura y profundidad.

Las investigaciones del bentos en el mar profundo se iniciaron en 1949, cuando la Unión Soviética inicia un estudio sistemático del bentos del mar profundo (Zenkevich, 1969). Los estudios del número de organismos por unidad de área del fondo, inician cuando se desarrollaron los muestreos cuantitativos de las expediciones del Galatea (Spärck, 1956). Algunos estudios mundiales sobre el muestreo cuantitativo del mar profundo fueron resumidos por Rowe (1983).

Los estudios del bentos, principalmente de la macrofauna en el Golfo de México se han realizado en diferentes regiones, podemos citar los trabajos de Rowe *et al.*, (1974) sobre la biomasa béntica en el océano Atlántico tropical occidental y el norte del Golfo de México; los trabajos de Rowe y Menzel (1971) que describen la distribución de la biomasa de meiofauna y macrofauna en el Escarpe de Campeche; Rodríguez (1999) en la parte suroeste del Golfo de México sobre la macrofauna en el margen continental, talud y planicie abisal; Soto y Escobar (1995), Castañeda (1996), López (1996), Escobar *et al.*, (1997) y Falcón (1998) en el margen continental y talud superior de los sectores occidental y sur del Golfo de México, sobre la macrofauna y meiofauna; Hernández (1999) sobre la macrofauna en el margen continental, talud superior y planicie abisal de los sectores occidental y sur del Golfo de México; sobre la meiofauna y macrofauna béntica del talud de Veracruz y Tamaulipas los trabajos de Gattleson (1976); Kennedy (1976) en la porción suroccidental del Golfo; Escobar y Soto (1997); Escobar *et al.*, (1999) en el oeste del Golfo de México.

## AREA DE ESTUDIO

### Rasgos batimétricos y topográficos

En el Golfo la batimetría varía considerablemente, y alcanza profundidades cercanas a los 4,000 m en su región central. La razón entre la extensión de la plataforma continental más ancha y la más angosta es de 7.5. Ciertas regiones en el Golfo presentan características muy particulares: el Banco de Campeche se caracteriza por tener un fondo con una pendiente muy débil Monreal-Gómez y Saías de León (1997). Presenta una línea de costa que se extiende más allá de los 4 000 Km y un área mayor a 1.5 millones de Km<sup>2</sup> (Lynch, 1954).

Antoine, (1972) divide al Golfo de México en siete provincias geológicamente distintas según los métodos de reflexión sísmica baja para demostrar las características únicas de cada una. Estas medidas sísmicas no sólo limitan las áreas geológicas específicas, sino también explica el origen y evolución del Golfo; y, además, con base en los cambios de dirección de la plataforma continental subdivide al Golfo en seis regiones costeras, y una séptima que caracteriza a la porción central de la Cuenca del Golfo (Fig. 1). Con base en esta caracterización el área de estudio se localiza en la provincia del Banco de Campeche. Por otro lado Uchupi, (1975) divide al Golfo en dos provincias fisiográficas, una terrígena al oeste y una carbonatada al este

La plataforma continental dentro del territorio mexicano es muy estrecha, con la notable excepción de la Península de Yucatán (Pica et al., 1991). El piso del Golfo de México, alcanza en sus partes más profundas poco más de 3, 700 m, y consta de pendientes pronunciadas a lo largo de los Escarpes de Campeche y Florida. Mucho de las plataformas de Yucatán y Florida se sumerge bajo las aguas del Golfo de México a profundidades menores a los 200 m; el resto está a nivel del mar y conforma la península de Yucatán y Florida (Bryant et al., 1991).

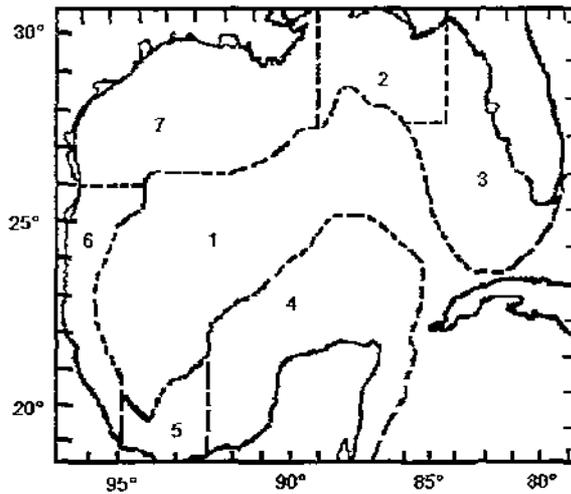


Fig. 1. División de las provincias del Golfo de México. 1) Centro del Golfo de México, 2) Noreste del Golfo de México, 3) Sur de la plataforma y talud continental de Florida, 4) Banco de Campeche, 5) Bahía de Campeche, 6) Este de la plataforma y talud continental del Golfo de México, 7) Norte del Golfo de México (modificado de Antoine, 1972).

La plataforma y el talud continental del sur de Veracruz y parte de Campeche continúa su trayectoria hacia la Península de Yucatán para cambiar de dirección, primero hacia el norte y luego al este hasta llegar frente a Cabo Catoche y dar lugar a la provincia del Banco de Campeche. El Cañón de Campeche es un rasgo sobresaliente del talud continental el cual se delimita por el Escarpe del mismo nombre y cuyo origen puede estar relacionado con la evolución tectónica de esta zona (Pica *et al.*, 1991).

Las partes sumergidas del norte y oeste de la plataforma de Yucatán constituyen el Banco de Campeche. La porción de tierra de la plataforma es una región de topografía cárstica con poco drenaje y consecuentemente ha tenido influencia limitada en la historia de deposición de la plataforma y el talud. La plataforma es el sitio de depósito de calizas y evaporita desde el Cretácico temprano (K-T). El Escarpe de Campeche es el producto del arrecife del (K-T) (Bryant *et al.*, 1991).

Los límites geomorfológicos de la península de Yucatán (López, 1981) (Fig. 2), incluyendo el Banco de Campeche son los siguientes: a) el talud continental del banco de Campeche al norte y parte noroeste b) al sur el relieve positivo del arco de la Libertad, que incluye el Petén de Guatemala y las montañas Maya de Belice, c) al oriente el talud continental del Mar Caribe, ya que la plataforma continental es muy angosta, d) al oeste la planicie costera del Golfo de México, al sureste del estado de Campeche y al oriente del estado de Tabasco. El único cambio fisiográfico apreciable es la presencia del Río Candelaria

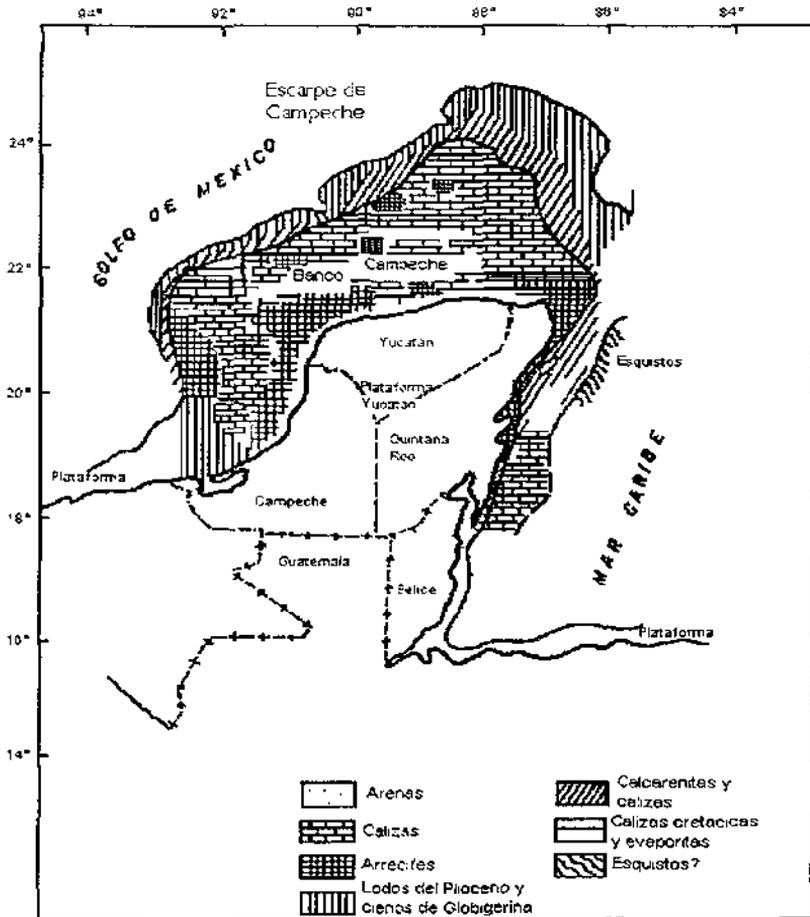


Fig. 2. Límites geomorfológicos de la península de Yucatán (modificado de López, 1981).

Cabe mencionar que en la Península de Yucatán se ha descrito la estructura resultado del impacto de un meteorito con una dimensión aproximada de 300 km de diámetro llamada cráter del Chicxulub por ubicarse en el poblado del mismo nombre y que conforma una cuenca multianillada de impacto, con una edad de 65 millones de años (Vielázquez, 1996).

Los estudios estratigráficos y mineralógicos del (K-T) demuestran que las brechas productivas de petróleo de las regiones de la plataforma marina de Campeche y su modo de formación esta probablemente relacionada con el evento del impacto por el meteorito Chicxulub en el K T (Grajales-Nishimura *et al.*, 2000).

El impacto que generó dicha estructura tuvo lugar cuando la plataforma de Yucatán, constituía un ambiente activo de deposición de carbonatos. Puesto que la región se encontraba cubierta por un mar somero, la estructura sólo estuvo expuesta a la acción erosiva de las olas generadas por el impacto mismo, aunque las partes más altas de los anillos pudieron haberse encontrado fuera del agua durante un tiempo considerable después del impacto (Vera, 1996).

El Escarpe de Campeche se extiende a profundidades de 2,400 a 2,600 m bordeando por el occidente y noroeste a la plataforma de la península con una pendiente mayor de 45°. La segunda inflexión de la plataforma en esta provincia ocurre a partir del paralelo 22°N. Aquí el Escarpe se separa gradualmente del borde de la plataforma y queda entre ambas estructuras una zona a manera de planicie a la que Illin (1976) denominó "Planicie de Lomerios, marginal a la plataforma continental." Esta zona es muy variable en su amplitud y pendiente, pero en general tiene una inclinación débil de 1.5 a 2.5°. Se han distinguido dos tipos de talud en esta área, uno de inclinación mayor a 30° que ocupa escasa extensión entre las isóbatas de 200 y 400 m y el segundo, de mesetas amplias a una profundidad de 1,000 m y que se reconoce al noreste de la Península de Yucatán (Lugo, 1985). La planicie abisal de Sigsbee, llamada así por tener las profundidades mayores y funcionar como captadora de sedimentos, sirve como frontera al norte del Escarpe de Campeche (Pica *et al.*, 1991).

## Tipos y origen de los sedimentos, distribución y transporte

La distribución de los sedimentos que constituyen el piso del Golfo de México, el tipo dominante de éstos y su posible origen, se relaciona con las características intrínsecas de la cuenca, como son la orientación de la plataforma.

El Banco de Campeche es una extensión de la plataforma carbonatada del sur de Florida, formadas por el depósito de carbonatos por organismos marinos alrededor del Albiano centro del periodo K-T.

El tipo de sedimento de la provincia del Banco de Campeche se modifica conforme se avanza hacia el este del Golfo de México. En la parte noroeste, Bouma (1972) y más recientemente Lecuanda y Ramos (1985), han encontrado sedimentos finos de tipo terrígeno, junto con los cuales se distribuyen los de tipo biogénico y en las regiones más someras limos carbonatados que evidencian la influencia de comunidades arrecifales dominadas por algas y corales (Logan et al., 1969) y fragmentos de conchas que se hacen pequeños y finos al ser transportados y golpeados por el oleaje.

Saulwood y Morse (1991), caracterizaron los sedimentos en el suroeste del Golfo de México de origen terrígeno por el aporte del sistema fluvial Grijalva-Usamacinta y Coatzacoalcos. En la zona más profunda, los lodos terrígenos son el sedimento dominante y conforme avanza hacia el este, en casi toda la plataforma continental de la Península de Yucatán, las arenas carbonatadas son las que dominan. Existen zonas pequeñas de arenas limosas carbonatadas ubicadas en los extremos noroeste y noreste (Lecuanda y Ramos, 1985).

## Hidrografía y circulación

El Golfo de México es una cuenca semi-cerrada que se comunica con el océano Atlántico y con el Mar Caribe a través del Canal de Yucatán para ingresar y el estrecho de Florida para egresar. El Golfo tiene un plano central base de 3,600 m y está demarcado por pronunciados escarpes, ubicados en las vertientes del este, sur central y norte central. Una extensión del sur es aprovechada por las costas de México formando la Bahía de Campeche y

recibe las aguas del río Coatzacoacoas, del Mississippi y el sistema Grijalva-Usumacinta (Kinne, 1973).

Estudios hidrográficos concernientes al Golfo de México, como los realizados inicialmente por Ichye en 1967, han permitido clasificar las masas de agua de la capa superficial en cinco tipos, de los cuales tres son costeros, caracterizados por salinidades y temperaturas elevadas.

Una de las características importantes de la distribución de la salinidad superficial es su valor elevado ( $S > 36.4$  ups) en la zona oeste del Banco de Campeche; estas aguas de alta salinidad se encuentran inicialmente del lado este del banco; siguen una trayectoria dirigida hacia la parte central del banco y enseguida suben, desplazándose al mismo tiempo hacia el oeste del Banco de Campeche, por lo que adquieren así dicha salinidad Monreal-Gómez y Salas de León (1997).

El agua que llega al Golfo de México a través del Canal de Yucatán, en las capas superiores hasta los 250 m, es Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe (AstSsC) con alta salinidad y temperatura (alrededor de 36.6 ups y de 22.5° C). Esta agua entra al Golfo para formar la Corriente de Lazo, de la cual más tarde se desprende un giro anticiclónico, en cuyo núcleo queda atrapada agua salina y caliente características del AstSsC, mientras que en la periferia del giro se encuentran salinidades y temperaturas con valores alrededor de 36.4 ups y de 22° C, respectivamente. Estas características son típicas de Agua Subtropical Subsuperficial del Golfo de México (AstSsGM) (Nowlin, 1972). El agua común del Golfo (ACGM) presenta salinidad y temperatura característica de 36.4 ups y 22.5° C. En el Golfo de México se encuentra el AstSs y el ACGM, ambas se localizan generalmente en la capa superior de los 250 m Monreal-Gómez y Salas de León (1997). El Agua Intermedia Antártica (AIA), con salinidades alrededor de los 34.88 ups y temperaturas de 6.2° C, se ubica dentro de los 900 m hasta los 1,050 m. El Agua Profunda Nor-Atlántica (APNA) presenta salinidades de 34.96 ups y temperaturas de 4° C a una profundidad mayor de 1,500 m (Pineda y Pira, 1991).

Los ciclones en la Bahía de Campeche pudieron surgir como respuesta a los movimientos anticiclónicos de la Corriente de Lazo, a excepción de los originados a finales del verano De la Lanza et al. (1976), detectaron un ciclón en la Bahía de Campeche (19.3° N, 93.8° O y 20.2° n, 92.8° O) durante julio que probablemente sea la respuesta a una formación

anticiclónica coadunante. Monreal-Gómez y Salas de León (1985, 1990) confirman la presencia de los giros ciclónicos y se desplazan en dirección oeste.

El núcleo central de máxima temperatura (27.4 °C) coincide, evidentemente con la confluencia de la circulación ciclónica-anticiclónica que transportan la cálida masa de agua superficial de la región del Banco de Campeche a la región central y occidental del Golfo (Vidal et al., 1990).

#### Aspectos meteorológicos

De acuerdo con García (1973), el clima es caluroso y semihúmedo en el verano lluvioso. Yáñez-Aracibia y Day (1982) mencionan que hay tres condiciones climáticas bien definidas, 1) Secas (febrero-mayo), 2) lluvioso (junio-septiembre) y 3) Nortes (vientos del norte con velocidades de 90 -130 Km/hr de octubre a febrero).

#### Parámetros físico-químicos

La zona de la Bahía de Campeche mantiene salinidades de 36.4-36.6 ups, superiores a los del resto del Golfo y de la comente del Caribe (Ponce et al., 1991).

El oxígeno disuelto (O D) tiene una tendencia a decrecer en dirección suroeste, de 120 % observado en la región del Banco de Campeche, a 70 % frente a la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta. Según el perfil vertical, se observa una intrusión de aguas más saturadas hacia la sonda de Campeche que alcanza hasta 60 m de profundidad, la cual puede provenir de una ramificación de la Comente de Lazo o una derivación del mismo banco; durante el periodo primavera-verano tiene lugar importantes afloramientos de aguas, los cuales dan como resultado un incremento en el O D llevándolo a niveles de sobresaturación (Ponce et al., 1991).

Los nutrientes en el Golfo de México y Mar Caribe responden, al igual que el oxígeno disuelto, a los distintos eventos de circulación que están influenciados por la estacionalidad, y consecuentemente, al ascenso de agua de fondo por el enfrentamiento de masas, giros ciclónicos, surgencias y por hundimientos anticiclónicos (Ponce et al., 1991).

En las aguas superficiales del Banco de Campeche se presentan niveles de fósforo de  $0.11 - 0.13 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$  que tienden a incrementar hacia los 10 m de profundidad a  $0.65 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$ . Los ortofosfatos en la superficie tiene un máximo superficial cerca del Banco de Campeche de  $1.09 - 1.19 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$ . Además, en esta área los fosfatos tienen una fuente anexa de origen, los aportes del Río Grijalva, frente a la cual se localiza  $1.32 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$ . Dichas concentraciones decrecen rápidamente en los primeros metros hasta  $0.11$  y  $0.2 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$  en ambas regiones. En el otoño se han detectado los niveles más altos del ciclo anual con  $2.95 \mu\text{g}\cdot\text{at}\cdot\text{l}^{-1}$  desde la superficie hasta los 50 m, en respuesta a la intensificación de los nortes y de los giros ciclónicos (IMP, 1980; Segura et al., 1982).

La parte centro-oriental del Banco de Campeche es la más productiva en materia orgánica primaria, mientras que en la parte occidental del mismo banco, la materia puede ser transportada por las corrientes y acumularse en dicha zona (Bessonov et al., 1973).

En lo que corresponde al carbono orgánico disuelto (COD), las aguas superficiales del Golfo presentan altas concentraciones, sobre todo cerca de la desembocadura del Mississippi ( $2.3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) decreciendo esta concentración en regiones oceánicas alejadas ( $0.74 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) (El-Sayed et al., 1972). En la región oceánica superficial (0-90) del sureste del golfo de México presenta niveles altos, con un máximo de  $1.0 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  que puede ser producto del anticiclón.

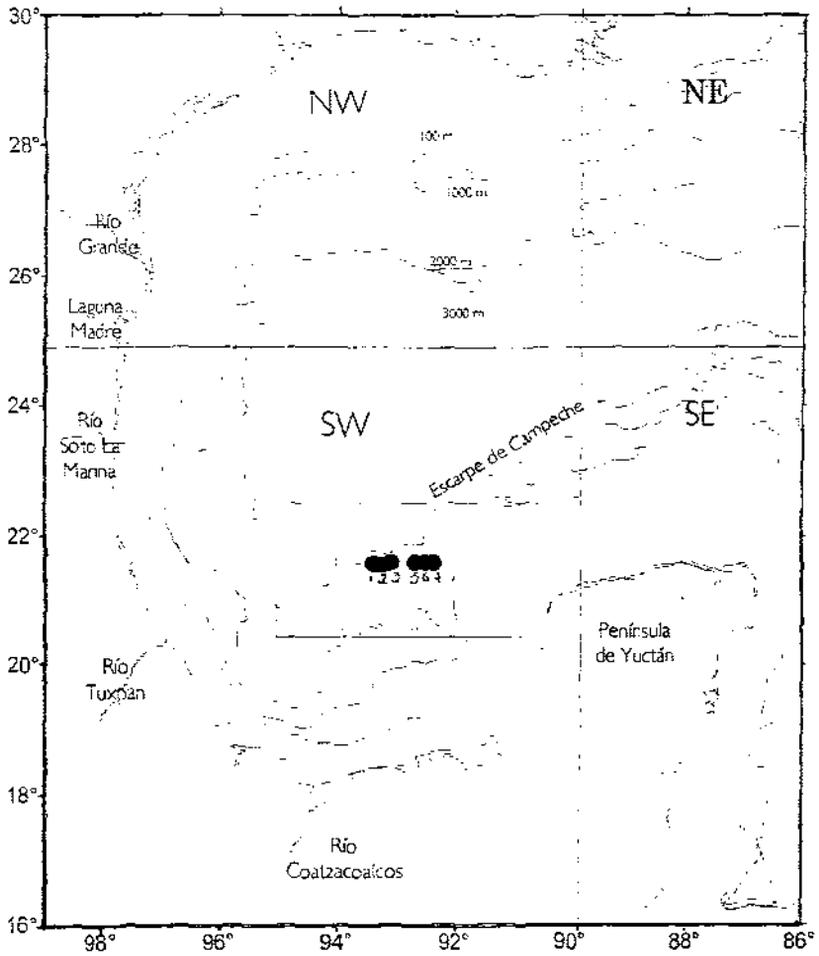
## MÉTODO

## 1. Trabajo de campo

Se tomaron muestras por triplicado a bordo del Buque Oceanográfico *Justo Sierra* durante la campaña *Procesos oceánicos y mecanismos de producción biológica en el sur del Golfo de México I*, que se realizó en el mes de agosto de 1999. Las estaciones de muestreo se ubicaron a lo largo de un transecto longitudinal entre la latitud 21°35.1 a 21°35.7 N y la longitud 92°55.0 a la 92°26.4 W. (1971). Estas presentan profundidades desde 183 m, en la zona de plataforma continental a la abisal inferior, a 3,200 m, del Escarpe de Campeche en el suroeste del Golfo de México según Pequegnat (1971) ( Fig. 3, Tabla 1).

TABLA 1. Ubicación de las estaciones de muestreo, profundidad y zonas batimétricas en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México

Estación	Profundidad (m)	Latitud N	Longitud W	Zona
1	3200	21°35.1	92°55.0	Planicie abisal
2	3020	21°34.5	92°55.9	Planicie abisal
3	3050	21°35.9	92°47.0	Planicie abisal
5	2500	21°35.2	92°35.3	Elevación continental
6	461	21°35.2	92°30.7	Reborde continental
7	183	21°35.7	92°26.4	Plataforma continental



Mapa de la ubicación de las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche suroeste del Golfo de México según Pequignat (1971)

### Columna de agua.

#### Temperatura y Salinidad

En cada una de las estaciones se registraron la temperatura y la salinidad del agua con una sonda CTD (General Oceanics Mark III WOOCE) (Fig. 4). La salinidad se determinó a partir de la temperatura, la conductividad y la presión con base en la ecuación de transformación de la UNESCO según Fofonoff (1983). Las masas de agua se determinaron mediante diagramas de temperatura y salinidad.

#### Profundidad

La profundidad se midió con una ecosonda de penetración ORE, con la que también se determinó el tipo de fondo.

#### Oxígeno disuelto

Se tomaron muestras de agua de fondo con la Rossette, para determinar la concentración de oxígeno disuelto. Las botellas se submuestrearon por duplicado en cubetas vaciando el agua a las botellas de DBO y el oxígeno se evaluó siguiendo el método de Winkler (Strickland y Parsons, 1972) y se cotejaron con lecturas directas medidas con un oxímetro marca YSI.

#### Sedimento

Las muestras de sedimento fueron recolectadas con ayuda de un nucleador de caja tipo US NEL de 0.16 m<sup>2</sup> área, a partir del cual se obtuvieron submuestras para caracterizar el tipo de fondo y obtener las réplicas de macrofauna (Fig. 5). La temperatura del sedimento se registró al amparar el nucleador a cubierta con un termómetro y se registró en la bitácora como "temperatura del sedimento".

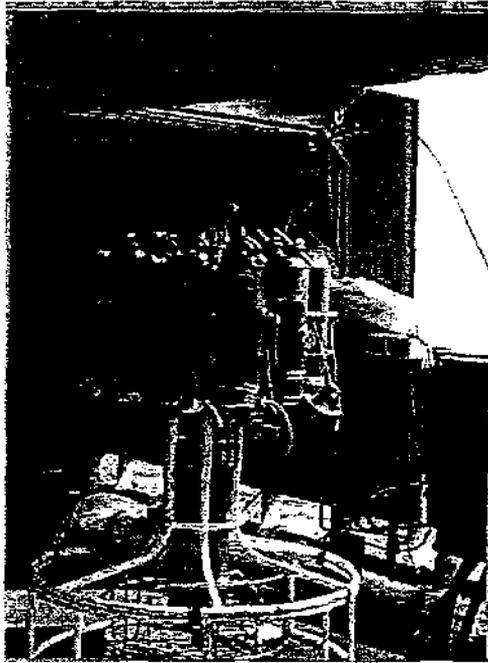


Fig. 4. Sonda de registro continuo de conductividad, temperatura y profundidad (CTD).

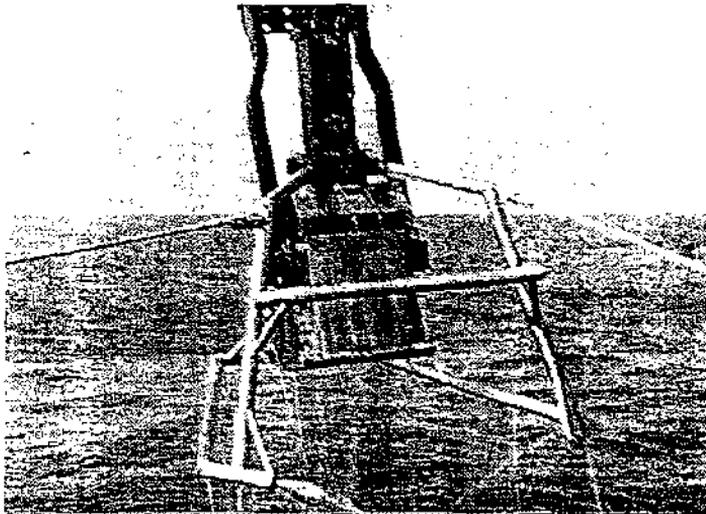


Fig. 5. Nucleador de caja tipo US – NEL

## Macrofauna

Al sedimento obtenido por el nucleador, se le extrajo el exceso de agua suprayacente con dos mangueras, la cual se pas6 a trav6s de un tamiz de 0.125 mm para evitar que se perdiera alg6n organismo. Posteriormente se dividi6 el sedimento en cuatro cuadrantes con un 6rea de 0.04 m<sup>2</sup> cada uno (Fig. 6). Los primeros 10 cm. de sedimento se vaciaron por separado en cubetas para resuspender el sedimento con agua y se tamizaron a trav6s de tamices con mallas de 1, 0.5, 0.25 mm de abertura de poro, con los cuales se retuvieron los organismos presentes en el sedimento (Fig. 7). Los espec6menes se separaron de los tamices con ayuda de pinzas y se colocaron en frascos de vidrio etiquetados por r6plica y se preservaron en etanol absoluto. El sedimento que qued6 en los tamices se coloc6 en bolsas de pl6stico etiquetadas por r6plica como "restos de tamiz" y se preserv6 en etanol absoluto con tinci6n de rosa de Bengala para facilitar su posterior separaci6n en el laboratorio.

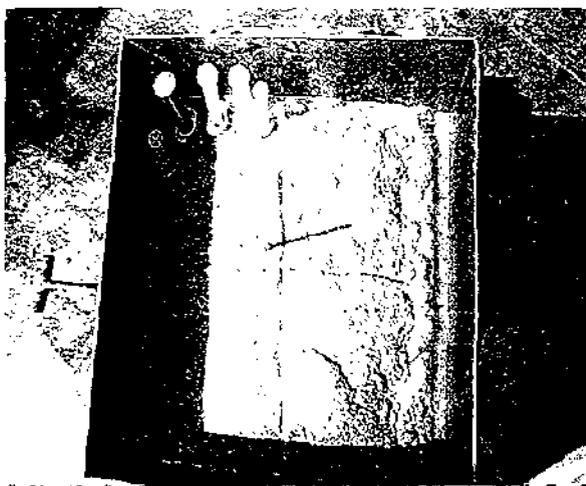


Fig. 6. Caja del Nucleador US-NEI con el sedimento muestreado.

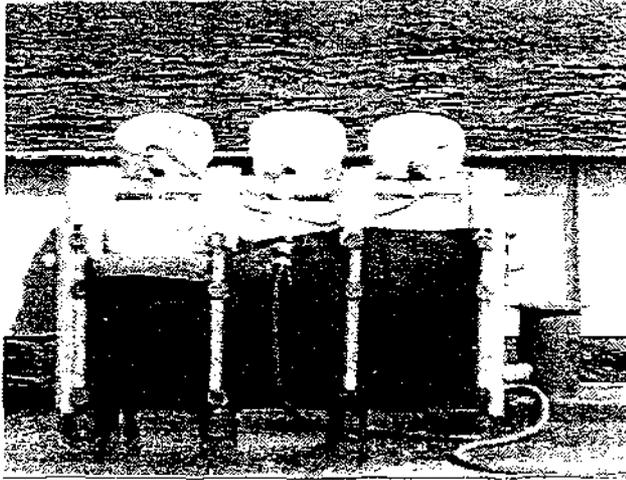


Fig. 7. Mesa de tamizado múltiple del sedimento.

#### Clorofila $a$ en sedimento

Las muestras para el análisis del contenido de clorofila  $a$  en el sedimento superficial se tomaron con una jeringa de 5 ml sin punta y se colocaron en tubos de 50 ml debidamente etiquetados (pigmentos y número de estación). El tubo cerrado se envolvió con papel aluminio y se congeló a  $-20^{\circ}\text{C}$ . La colecta se registró en la bitácora de muestras obtenidas con draga como "pigmentos". Al final de la campaña los tubos se ordenaron en bolsas de plástico y se transportaron congelados al laboratorio.

#### Tamaño de grano

Las muestras para el análisis de tamaño de grano se tomaron con una pala, colectándose los 10 cm superficiales y se colocaron en bolsas de plástico debidamente etiquetados (textura y número de estación). Se colocaron en la cubeta para sedimento y se registró en la bitácora de muestras obtenidas con draga como "textura".

## Carbono y nitrógeno orgánico

Las muestras para el análisis de carbono y nitrógeno orgánico en sedimento se colectaron con una jeringa de 60 ml sin punta, colectándose los 5 ml superficiales. La muestra de sedimento se colocó en tubos de 50 ml etiquetados doblemente (carbono y nitrógeno orgánico y número de estación). Se congeló a  $-20^{\circ}\text{C}$ . La colecta se registró en la bitácora de muestras obtenidas con draga como "carbono orgánico". Al final de la campaña los tubos se ordenaron en bolsas de plástico y se transportaron congelados al laboratorio.

## 2. Trabajo de laboratorio

### Columna de agua

#### Temperatura

Los valores de temperatura registrados en la bitácora se vaciaron en una base de datos y se procesaron con ayuda del paquete *Excel*; la correlación con la profundidad y otros factores se obtuvo con un análisis de regresión múltiple con ayuda del paquete *Statistica*.

#### Salinidad

Los valores de salinidad registrados en la bitácora se vaciaron al igual que la temperatura en una base de datos y conjuntamente con la temperatura permitieron caracterizar las masas de agua de fondo.

#### Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto registrados en la bitácora de campo se vaciaron en la base de datos y se procesaron de la misma forma que la temperatura y la salinidad.

### Sedimento

#### Clorofila *a*

Las muestras de sedimento para la determinación de clorofila *a* se descongelaron a temperatura ambiente en el laboratorio. A cada tubo con 5 ml de sedimento se les agregó 10 ml de acetona al 90 % para facilitar la extracción de los pigmentos. Los tubos se dejaron en oscuridad a  $4^{\circ}\text{C}$  por no más de 24 horas para extraer los pigmentos sin que éstos se degradaran. Cada tubo se centrifugó a 1700 rpm por 15 minutos para separar la clorofila concentrada en la acetona del sedimento. Con una pipeta se tomaron 8 ml del sobrenadante y

se colocaron en cubetas de 13 ml para posteriormente tomar la lectura en el fluorómetro 10-AU Turner Designs, en el cual se analizaron las muestras vía fluorescencia. La luz se absorbe en una longitud de onda de 185 nm y casi instantáneamente emite luz en la longitud de onda de 870 nm. La longitud de onda de excitación es de 436 nm y la longitud de onda de emisión es de 680 nm; con una detectabilidad de 5 partes por trillón de clorofila *a*. Los valores de clorofila total obtenidos por el fluorómetro fueron en unidades de  $\mu\text{g.l}^{-1}$ . En el caso de haber realizado diluciones, se realizaron los cálculos de transformación de los valores de cada dilución para obtener la cantidad real de clorofila *a*. Estos se realizaron conforme el siguiente protocolo:

- 1 - Al valor obtenido de la lectura del fluorómetro en cada muestra se le restó el valor del blanco. El valor del blanco de acetona al 90 % fue de  $0,208 \mu\text{g.l}^{-1}$ .
- 2 - El valor de la muestra se dividió entre 1,000 para conocer el contenido de clorofila por ml.
- 3 - El valor obtenido en  $\mu\text{g.ml}^{-1}$  se multiplicó por 2 en cada dilución y así sucesivamente hasta el número de diluciones hechas (en el caso de la muestra 1, se multiplicó una vez por dos; para las muestras 5 y 6 se multiplicó 3 veces ya que las diluciones fueron hechas 1:1 hasta obtener el valor que el fluorómetro pudiera registrar).
- 4 - El valor resultante se multiplicó por el volumen final del extracto con acetona (por ejemplo en la muestra 5 el valor registrado fue de  $2,98 \mu\text{g.l}^{-1}$ ). Finalmente se multiplicó por 1,000 para obtener el valor en  $\mu\text{g clorofila a.l}^{-1}$  en la cantidad de sedimento de cada muestra tomada.
- 5 - Para obtener el valor final de la cantidad de pigmentos en el volumen de sedimento se tomó en cuenta que  $1 \text{ l} = 1,000 \text{ cm}^3$ . Con una regla de tres el valor obtenido en  $\mu\text{g clorofila a.l}^{-1}$  se obtuvo el valor de la concentración de pigmentos en unidades de  $\mu\text{g. cm}^{-3}$  con respecto al valor del sedimento transformado en  $\text{cm}^3$ .

#### Tamaño de grano

El análisis del tamaño de grano se realizó con base en el protocolo descrito por Folk (1969) para el material de grano más grueso (arenas) se utilizó técnica de tamizado en húmedo y para el material más fino (limos y arcillas) la técnica de pipeta o hidrómetro, así como la obtención del peso para cada fracción por diferencia.

1. Se colocó la muestra en un frasco pequeño, se le agregó agua con la concentración adecuada de dispersante, aproximadamente hasta la mitad del frasco, y se trituró con los

dedos (usando guantes de hule) hasta que todo el material qued6 disgregado. Se tap6 el frasco y se agit6 con fuerza.

2. Se prepar6 una c6psula de 25 cm de di6metro y una piseta de lavado con medio litro, como m6ximo, de la soluci6n dispersante.

La fracci6n fina se pipete6 usando un dispersante, y para pesarla solo se utiliz6 agua destilada. Enseguida se coloc6 un tamiz de 62  $\mu\text{m}$  malla (230), que se reserv6 para el tamizado h6medo, en agua destilada o dispersante para mojar las mallas de ambos lados, ya que de otro modo el lodo no pasar6 f6cilmente. Se verti6 la muestra del frasco en el tamiz, el cual se detuvo sobre la c6psula, enjuagando bien el frasco. Despu6s se sacudi6 el tamiz y se lav6 el material bajo el chorro de agua o de soluci6n dispersante para que pase f6cilmente. La parte inferior del tamiz se lav6 repetidas veces con el mismo chorro de agua. Se continu6 lavando el sedimento en el tamiz, hasta que el agua pas6 clara, y se emple6 la cantidad necesaria de l6quido para que el volumen final quedara en el vaso de dispersi6n, que fue de aproximadamente un litro para colocarlo en el cilindro graduado utilizado para pipetear.

3. La suspensi6n de lodo que pas6 a la c6psula, se verti6 en el vaso de dispersi6n y se agit6 durante 5 min, luego se pas6 al cilindro y se afor6 a 1,000 ml.

4. La arena que qued6 sobre las mallas se sec6, se disgreg6 y se tamiz6 de acuerdo con el m6todo est6ndar.

NOTA : En el caso de que se quedara algo de material que no haya pasado por el tamiz de 4  $\phi$ , que no hubiera pasado la primera vez, se a6adi6 a la fracci6n a pipetear.

5. La fracci6n fina se pipete6 extrayendo por succi6n un peque6o volumen de sedimento en suspensi6n a un determinado tiempo y posteriormente, se evapor6 pesando el residuo.

#### Contenido de carbono y nitr6geno org6nico

El sedimento superficial en los tubos se descongel6 a temperatura ambiente en el laboratorio. El contenido de los tubos se coloc6 en c6psulas de porcelana registr6ndose el n6mero de la c6psula en la cual se encontr6 cada muestra. Cada muestra se acidific6 con una soluci6n de HCl al 0.1 N para eliminar el exceso de carbonatos y posteriormente se enjug6 cada muestra con agua deionizada para eliminar el exceso de 6cido. Cada muestra se dej6 evaporar en la campana de extracci6n a temperatura ambiente; aquellas con excesiva humedad se secaron en un horno a 40  $^{\circ}\text{C}$  hasta que quedaron completamente secas, para poder

homogeneizarlas y tamizarlas a través de una malla de 0.25 mm. Las muestras ya homogeneizadas se colocaron en viales de vidrio etiquetados debidamente (campana, estación) para el análisis elemental. El porcentaje de carbono y nitrógeno orgánico se determinó por triplicado en cada muestra en un analizador elemental marca F.SONS modelo EA1108 siguiendo la estrategia de Pelia (1990) bajo las siguientes condiciones:

1. Gas acarreador/ gas de referencia	Helio
2. Flujo del gas acarreador:	120 ml / min.
3. Flujo del gas de referencia.	40 ml / min.
4. Temperatura de la columna cromatográfica:	65 °C
5. Detector:	Conductividad térmica
6. Temperatura del reactor de combustión:	1,020 °C
7. Compuesto de calibración:	Sulfamida. Reactivo para análisis elemental Marca F.SONS.
8. Tamaño de la muestra	de 10 - 15 mg.

El método analítico original se basó en una oxidación completa e instantánea de la muestra por "combustión rápida", la cual convirtió todo el material y sustancias orgánicas e inorgánicas en productos de combustión. El gas, resultado de la combustión, pasó a través de un horno de reducción y éste se extendió dentro de la columna cromatográfica por el gas acarreador (Helio) donde éste fue separado y detectado vía un detector termal de conductividad (DTC) el cual lleva un rendimiento proporcional notable de la concentración de los componentes individuales de la mezcla.

### Carbonatos

El contenido de carbonatos (%) en sedimento se determinó con la constante propuesta por Monaco et. al., (1990) a partir de los valores de carbono orgánico.

## MACROFAUNA

### Abundancia

Las muestras de macrofauna se enjuagaron con agua corriente para retirar el exceso de etanol y de Rosa de Bengala, colocando el sedimento sobre un tamiz con una abertura de malla de 0.125 mm para eliminar sedimento más fino retenido. El sedimento restante se examinó bajo un microscopio estereoscópico para separar a los organismos presentes en viales de vidrio etiquetados, donde se conservaron en etanol al 70%. Los organismos se clasificaron en Phylum, subphylum, superclase, clase, subclase, superorden, orden y familia con base en la clasificación de Brusca y Brusca (1990) y se cuantificaron al separarlos para obtener la abundancia. Esta información se registró en bitácoras de laboratorio para integrarse después a una base de datos de la campaña correspondiente.

Del análisis cuantitativo de las muestras se obtuvieron por estación, por réplica a lo largo del gradiente batimétrico y por grupo taxonómico los registros de la composición taxonómica, la abundancia, la densidad expresada como  $\text{ind.m}^{-2}$ , la biomasa expresada en peso húmedo fijado (phf) y en unidades de  $\text{gC.m}^{-2}$ .

### Densidad

La densidad se calculó a partir de la abundancia (de un área inicial de  $0.04 \text{ m}^2$ ) para cada taxa y réplica y se expresó en  $\text{ind.m}^{-2}$ .

### Biomasa

El material separado por grupo taxonómico y por réplica se pesó en una balanza analítica Sartorius, modelo H160 (0.001g de precisión) para determinar la biomasa expresada como peso húmedo fijado (phf) en los componentes faunísticos de mayor talla. En los organismos, que por su tamaño pequeño no se registraron en la balanza, se utilizó las constantes de Gettleson (1976). Todos los valores en peso húmedo se transformaron a unidades de carbono orgánico ( $\text{gC.m}^{-2}$ ) con base en las constantes propuestas por Rowe (1983) para componentes de macrofauna.

### 3. Análisis de datos

Los datos incorporados en la base de datos incluyeron los factores ambientales, la composición taxonómica, la abundancia, la densidad y la biomasa. Esta información se sintetizó en apéndices de los valores promedio anexos. Los datos de densidad y biomasa se correlacionaron con los factores ambientales en un análisis de regresión múltiple y un análisis de varianza y se expresaron gráficamente por medio de los programas *Statistica* y *Excel*. Los análisis estadísticos aplicados permitieron conocer el nivel de significancia de las correlaciones de la estructura comunitaria con los parámetros ambientales. La información se presenta en la sección de resultados sintetizada en cuadros y las tendencias gráficamente en figuras. Los valores de significancia acompañan el texto que describe cada factor ambiental y las variaciones encontradas en la estructura comunitaria a lo largo del gradiente batimétrico.

RESULTADOS

1. Factores ambientales

Temperatura

La temperatura vari6 de 4.32 6C a 16.55 6C (Fig. 8). El valor m6s bajo se registr6 en la estaci6n 5, a 2500 m, y el valor m6s alto se registr6 en la estaci6n 7, a 183 m. (Tabla 2) La temperatura disminuy6 con el incremento de la profundidad con una correlaci6n negativa ( $r = -0.82; p < 0.1$ )

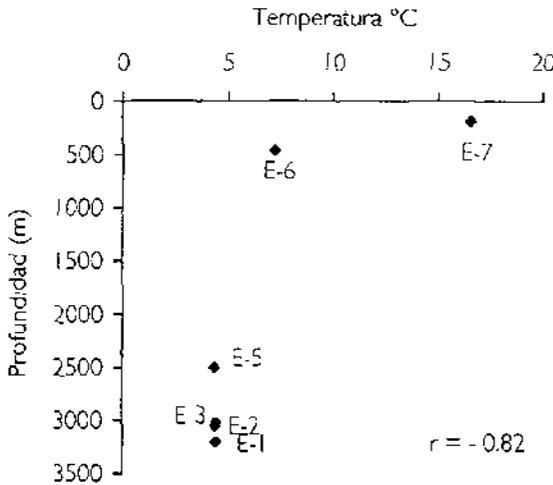


Fig. 8 Relaci6n de la temperatura (6C) con la profundidad (m).

Salinidad

La salinidad vari6 de 36.76 ups a 35.98 ups (Tabla 2). El valor m6s bajo se registr6 en la estaci6n 6, a 461 m, y el valor m6s alto se registr6 en la estaci6n 7, a 183 m. La salinidad de fondo se mantiene constante con el incremento de la profundidad. Esta mostr6 una correlaci6n negativa ( $r = -0.66; p < 0.1$ ). A partir de la temperatura y salinidad de fondo se reconocieron tres tipos de masas de agua diferentes; la Ant6rtica superficial, una mezcla de agua Subtropical subsuperficial con el agua intermedia del Golfo; y la masa de agua Nortat6ntica profunda.

### Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto de agua de fondo varió de 6.28 mg l<sup>-1</sup> a 10.93 mg l<sup>-1</sup> (Fig. 9). El valor más bajo se registró en la estación 6, a 461 m, y el valor más alto se registró en la estación 7, a 183 m (Tabla 2). Los valores de oxígeno disuelto de agua de fondo mostraron una relación directa con el incremento de la profundidad con una correlación positiva ( $r = 0.64$ ;  $p < 0.1$ ).

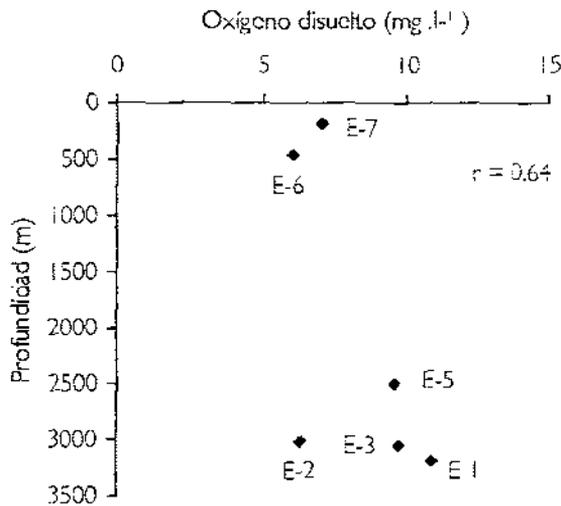


Fig. 9. Relación de la concentración del oxígeno disuelto (mg.l<sup>-1</sup>) del agua de fondo con la profundidad (m).

TABLA 2. Factores ambientales de las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México (Nd = No hay dato)

Estación	Profundidad (m)	Zona	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Oxígeno disuelto (mg l <sup>-1</sup> )	Clorofila <i>a</i> (µg cm <sup>-3</sup> )	% Arenas	Tamaño de grano			% Carbono orgánico	% Nitrógeno orgánico	% Carbonatos
								% Limos	% Arcillas				
7	183	Plataforma continental	16.55	35.98	7.00	0.42	6.25	90.60	3.12	6.88	7.09	57.31	
6	461	Reborde continental	7.22	34.76	6.02	0.53	1.92	91.54	3.52	4.58	0.15	38.15	
5	2,500	Elevación continental	4.32	34.78	9.57	0.05	Nd	Nd	Nd	0.50	7.91	4.17	
3	3,050	Plataforma abisal	4.35	34.78	9.76	0.05	0.19	95.80	3.99	0.90	0.3	7.50	
2	3,020	Plataforma abisal	4.36	34.78	6.28	0.07	0.70	85.10	14.18	0.64	0.09	5.33	
1	3,200	Plataforma abisal	4.37	34.78	10.93	0.13	0.73	95.50	3.6	1.91	9.62	15.91	

Clorofila *a* en sedimento

La concentración de clorofila *a* contenida en el sedimento varió de  $0.05 \mu\text{g Chl } a \cdot \text{cm}^{-3}$  a  $0.53 \mu\text{g Chl } a \cdot \text{cm}^{-3}$  (Tabla 2). Los valores más bajos se registraron en las estaciones 3 y 5, a 3,020 y 2,500 m, respectivamente, y el valor más alto se registró en la estación 6, a 461 m. Los valores observados en ambientes someros fueron significativamente más altos que los valores obtenidos a mayor profundidad (Fig. 10). La correlación de la concentración de clorofila *a* con el incremento de la profundidad fue de  $r = -0.93$ ; ( $p < 0.1$ ). La correlación de la concentración de clorofila *a* en el sedimento con el contenido de carbono orgánico fue positiva ( $r = 0.90$ ;  $p < 0.1$ , Fig. 11).

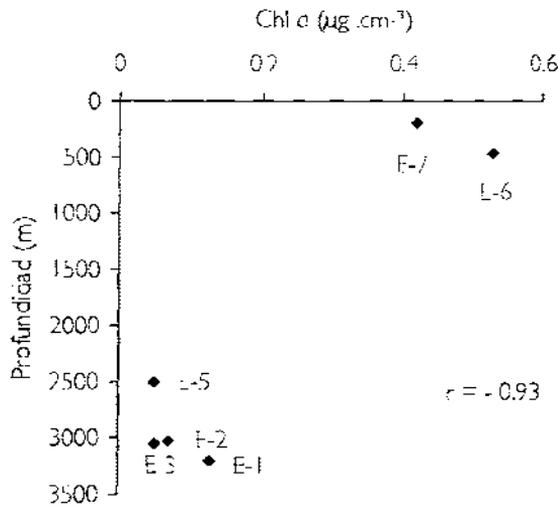


Fig. 10. Relación de la concentración de la clorofila *a* ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) con la profundidad (m).

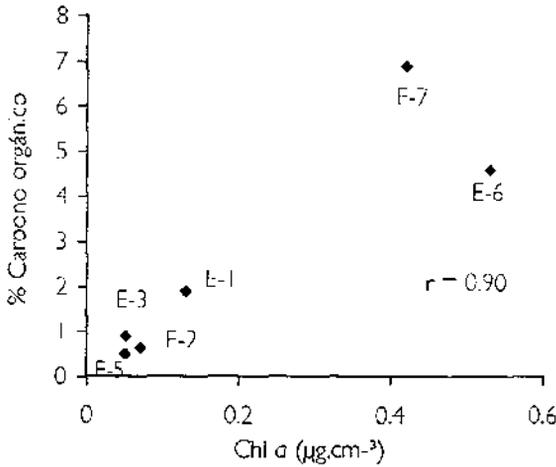


Fig. 11. Relación entre el contenido de carbono orgánico (%) con la concentración de la clorofila *a* ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) en el sedimento superficial.

### Tamaño de grano

Se reconocieron tres fracciones de tamaño de grano: arenas, limos y arcillas. Los fondos marinos más someros se caracterizaron por su condición arenosa, mientras que los más profundos fueron predominantemente limo-arcillosas. El contenido de arenas varió de 0.19 % a 6.25 % (Tabla 2). El valor más bajo se registró en la estación 3, a 3,050 m, y el valor más alto se registró en la estación 7, a 183 m. El contenido de limos varió de 85.10 % a 95.80 %. El valor más bajo se registró en la estación 2, a 3,020m, y el valor más alto se registró en la estación 3, a 3,050 m. El contenido de arcillas varió de 3.12 % a 14.18 %. El valor más bajo se registró en la estación 7, a 183 m, y el valor más alto se registró en la estación 2, a 3,020 m. La correlación de los limos con el incremento de la profundidad fue negativa ( $r = -0.14$ ;  $p < 0.1$ ) (Fig. 12). El porcentaje de limos mostró una correlación con el contenido de carbono orgánico positiva ( $r = 0.38$ ;  $p < 0.1$ ) (Fig. 13).

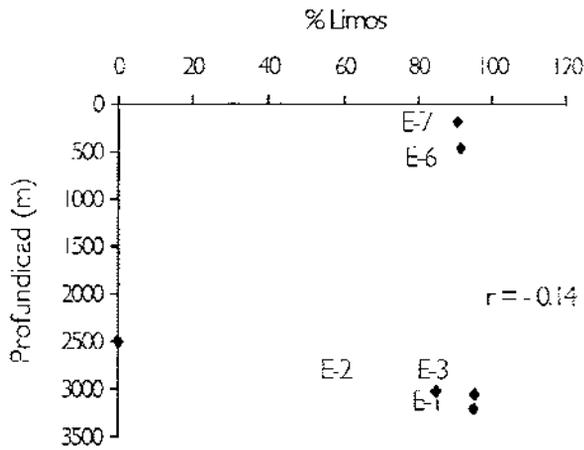


Fig. 12. Relación del % de limos en el sedimento con la profundidad (m).

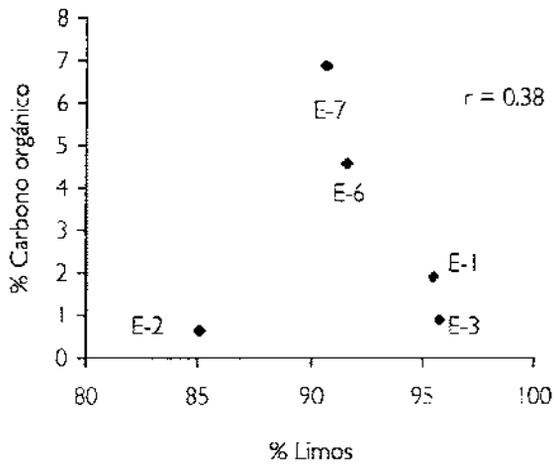


Fig. 13. Relación del % de carbono orgánico con el % de limos.

## Carbono orgánico

La concentración de carbono orgánico en el sedimento superficial varió de 0,50 % a 6,88 %. El valor más bajo se registró en la estación 5, a 2.500 m, y el valor más alto se registró en la estación 7, a 163 m. (Tabla 2). Su correlación con el incremento de la profundidad fue negativa ( $r = -0,92$ ;  $p < 0,1$ ) (Fig. 14). Se observó una correlación positiva ( $r = 0,92$ ;  $p < 0,1$ ) con la temperatura (Fig. 15). Se reconoció así mismo una correlación positiva ( $r = 0,90$ ;  $p < 0,1$ ) con la concentración de clorofila *a* en el sedimento (Fig. 11).

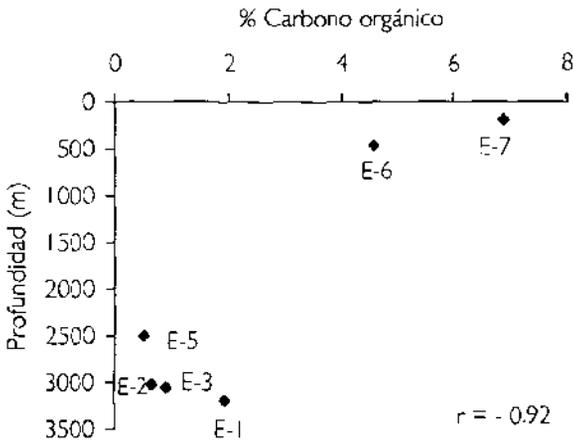


Fig. 14. Relación del contenido de carbono orgánico (%) con la profundidad (m).

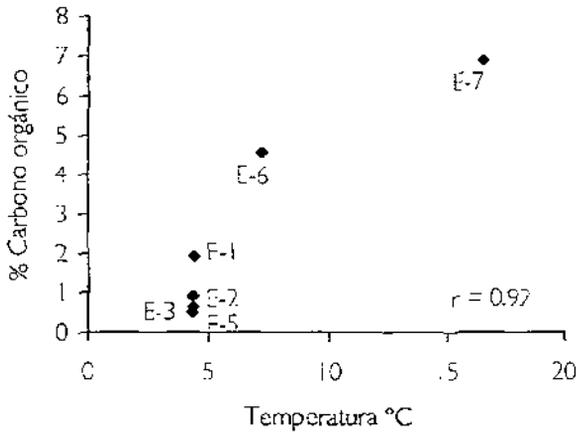


Fig. 15. Relación del contenido de carbono orgánico (%) con la temperatura (°C).

#### Nitrógeno orgánico

La concentración de nitrógeno orgánico en el sedimento superficial varió de 0.09 % a 9.62 %. El valor más bajo se registró en la estación 2, a 3,020 m, y el valor más alto se registró en la estación 1, a 3,200 m, (Tabla 2). La concentración de nitrógeno orgánico en el sedimento superficial mostró una correlación positiva ( $r = 0.57$ ;  $p < 0.1$ ) con la concentración de oxígeno disuelto (Fig. 16).

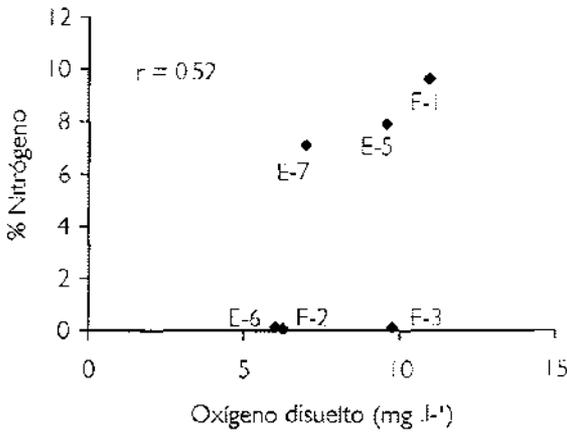


Fig. 16. Relación del contenido de nitrógeno orgánico (%) con el oxígeno disuelto (mg.l<sup>-1</sup>).

Contenido de carbonatos

El contenido de carbonatos varió de 4.17 % a 57.31 % (Tabla 2). El valor más bajo se registró en la estación 5, a 2500 m, y el valor más alto se registró en la estación 7, a 183 m. La correlación con el incremento de la profundidad fue negativa ( $r = -0.92$ ;  $p < 0.1$ ) (Fig 17).

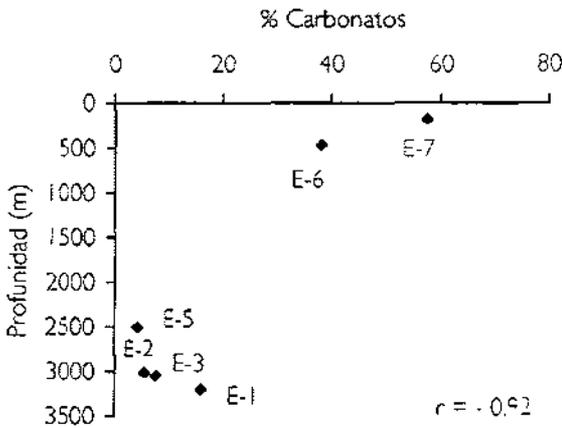


Fig. 17. Relación del contenido de carbonatos (%) con la profundidad (m).

## 2. Estructura de la comunidad

### Composición

Se reconocieron 20 grupos taxonómicos en 11 Phyla diferentes de los cuales se identificaron cuatro a nivel Phylum (Cnidaria, Nemertea, Gastrotricha, Nematoda), nueve a nivel clase (Scyphozoa, Polychaeta, Oligochaeta, Aplousobranchia, Gastropoda, Bivalvia, Scaphopoda, Ophiuroidea y Ascidiacea), dos a nivel subclase (Ostracoda - Copepoda), seis a nivel orden (Acari, Decapoda, Tanaidacea, Isopoda, Amphipoda y Foraminiferida) y uno a nivel familia (Sipunculidae) (Tabla 3). La estación 7 fue la que presentó el número mayor de Phyla con (11), seguida por las estaciones 6 y 5 con seis, la estación 3 con cinco, la estación 1 con cuatro y la estación 2 con tres Phyla. La correlación del número de Phyla con el incremento de la profundidad fue negativa ( $r = -0.81$ ;  $p < 0.1$ ) (Fig. 18). Se presentaron cuatro Phyla (Cnidaria, Nemertea, Echinodermata, Chordata) en la estación 7 a 183 m, exclusivos de la zona somera de la plataforma continental y en la zona abisal sólo el Phylum Arthropoda.

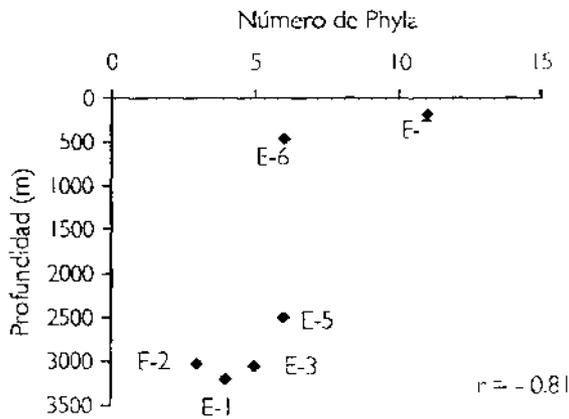


Fig.18. Relación del número de Phyla con la profundidad (m).

## Abundancia

En las seis estaciones de muestreo se cuantificó un total de 2,966 organismos, la abundancia promedio fue de 989 organismos, de los cuales en la estación 5, se registró el menor número de organismos con un total de 152 organismos a 2,500 m, y la estación 7, fue la que presentó el número mayor de organismos con un total de 1,512 a 183 m. Se presentó una tendencia a disminuir en el número de organismos con el incremento de la profundidad, con excepción a la estación 1, que presentó un total de 349 organismos a 3,200 m.

La correlación de la abundancia promedio con el incremento de la profundidad fue negativa ( $r = -0.84$ ,  $p < 0.1$ ) (Fig. 19), con la temperatura ( $r = 0.99$ ;  $p < 0.1$ ) (Fig. 20); con la concentración de clorofila *a* en el sedimento ( $r = -0.70$ ;  $p < 0.1$ ) (Fig. 21); con el contenido de carbono orgánico en el sedimento ( $r = 0.93$ ;  $p < 0.1$ ) (Fig. 22) y con la biomasa ( $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) fueron positivas ( $r = 0.97$ ;  $p < 0.1$ ) (Fig. 23).

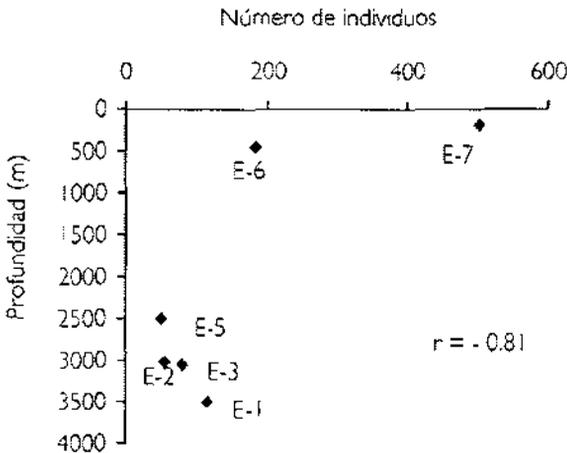


Fig. 19. Relación de la abundancia promedio con la profundidad (m).

TABLA 3. Composición taxonómica de la infauna identificada en las muestras de macrofauna recolectadas en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México (clasificación según Brusca y Brusca, 1990)

	PHYLUM	SUBPHYLUM	SUPERCLASE	CLASE	SUBCLASE	SUPERORDEN	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE COMUN
1	Sarcomastigophora	Sarcocina	Rhizopoda	Granuloreticulosca			Foraminifera		Foramífero
2	Cnidaria			Scyphozoa					Mecusa
3	Nemertea								Nemertino
4	Gastrotricha								Gastrotríco
5	Nematoda								Nemátodo
6	Annelida			Polychaeta					Poliqueto
				Oligochaeta					Oligoqueto
7	Sipuncula			Sipunculida			Sipunciformes	Sipunculidae	Sipunculídeo
8	Arthropoda	Cheliceriformes		Chelicerata	Arachnia		Acari		Ácaro
		Crustacea		Maxillopoda	Ostracoda				Ostráccido
					Copepoda				Copépodo
				Malacostraca	Eumalacostraca	Hoplocarida	Decapoda		Decápodo
							Tanaicacea		Tanáicáceo
							Isopoda		Isópodo
							Amphipoda		Amfípodo
9	Mollusca			Aplousobranchia					Aplacóforo
				Gastropoda					Gasterópodo
				Bivalvia					Bivalvo
				Scaphopoda					Forafóforo
10	Echinodermata	Leathercozoa		Ophiuroidea					Ofuriideo
11	Chordata	Urochordata		Ascidacea					Ascidia

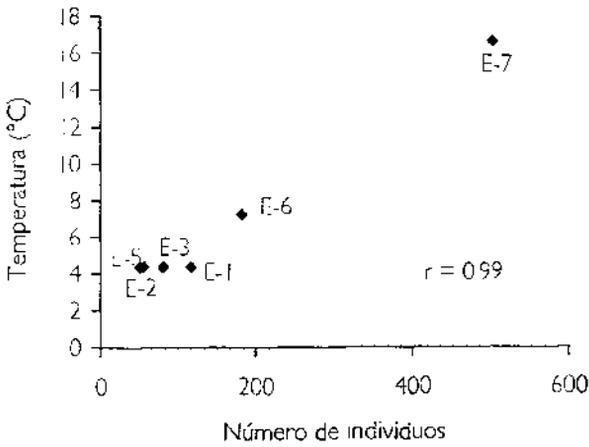


Fig. 20. Relación de la abundancia promedio con la temperatura (°C).

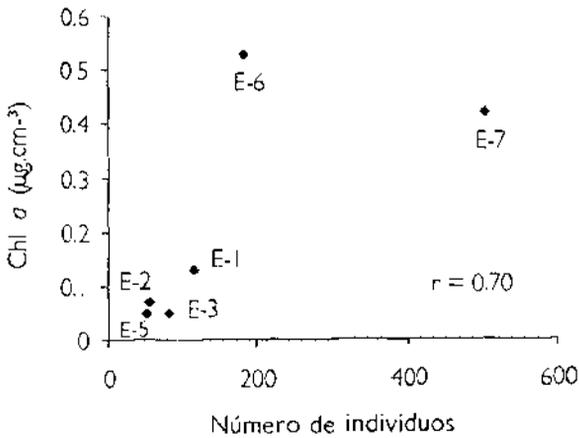


Fig. 21. Relación de la abundancia promedio con la concentración de clorofila a (µg.cm<sup>-3</sup>) en el sedimento.

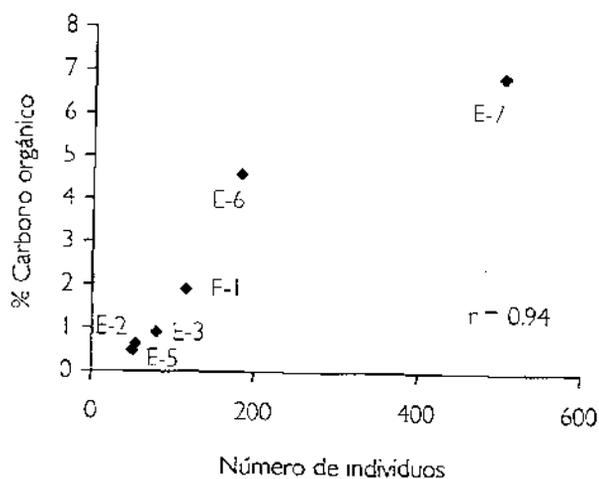


Fig. 22. Relación de la abundancia promedio con el contenido de carbono orgánico (%) en el sedimento

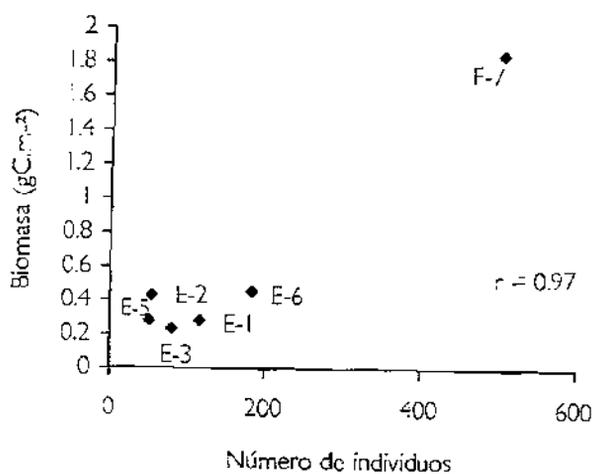


Fig. 23. Relación de la abundancia promedio con la biomasa promedio (gC.m<sup>-2</sup>).

Los organismos más abundantes fueron los poliquetos en las estaciones 7,6,3,2 y 1 y representaron el 79 %, 43 %, 42 %, 54 %, y 17 % de la abundancia total respectivamente. Los nemátodos fueron los componentes más abundantes en las estaciones 6 y 5 y representaron el 46 % y 38 % de la abundancia total. Otros grupos contribuyeron con el 5 %, 22 %, 5 % y 19 % de la abundancia en las estaciones 7,3,2 y 1 respectivamente, y en las estaciones 6 y 5 contribuyeron con el 11 % y 30 % respectivamente, de la abundancia total en las seis estaciones (Tabla 4)

TABLA 4. Porcentaje de la abundancia de los componentes dominantes de la macrofauna en el Escarpe de Campeche

	Est. 7	Est. 6	Est. 5	Est. 3	Est. 2	Est. 1
	%	%	%	%	%	%
Anélidos	79	43	32	42	54	47
Nemátodos	16	46	38	36	41	34
Otros	5	11	30	22	5	19

El porcentaje de los organismos más abundantes fue el de los poliquetos en la zona de la plataforma continental con 79 % y en la zona abisal con 48 %. Los nemátodos fueron los más abundantes en la zona del reborde continental con 46 % y en la zona de la elevación continental con 38 %. Otros grupos contribuyeron con el 5 %, 11 %, 30 % y 15 % de la abundancia en la zona de la plataforma continental, reborde continental, elevación continental y zona abisal respectivamente, de la abundancia total en las seis estaciones (Tabla 5, Fig. 24).

TABLA 5. Porcentaje de la macrofauna por zonas batimétricas (PC = Plataforma continental; RC = Reborde continental; EC = Elevación continental; ZA = Zona abisal)

	PC	RC	EC	ZA
Anélidos	79%	43%	32%	48%
Nemátodos	16%	46%	38%	37%
Otros	5%	11%	30%	15%

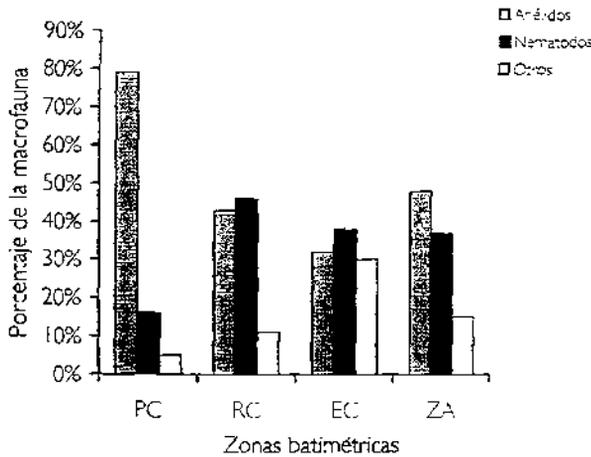


Fig. 24. Distribución del % de la composición de los grupos dominantes de la macrofauna por zona batimétrica (PC = Plataforma continental; RC = Reborde continental; EC = Elevación continental; ZA = Zona abisal).

La macrofauna béntica del Escarpe de Campeche se caracterizó por su abundancia y frecuencia en componentes faunísticos dominantes y raros. Los grupos dominantes fueron: los poliquetos, nemátodos y copépodos, los demás fueron componentes raros (Fig. 25)

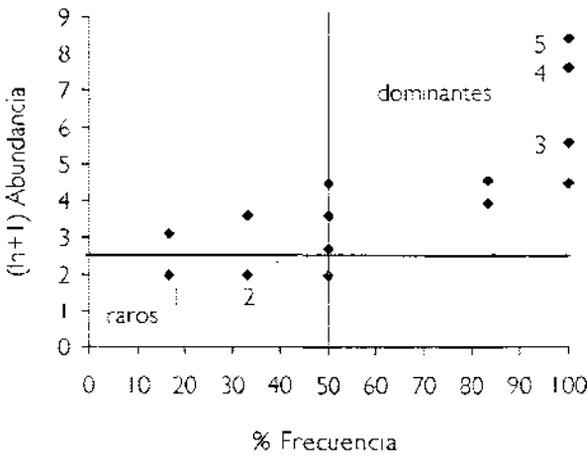


Fig. 25. Caracterización de los componentes faunísticos con base en su frecuencia (%) y abundancia  $(\ln + 1)$  (1 = ácaros, 2 = escafópodos; 3 = copépodos; 4 = nemátodos; 5 = poliquetos).

### 3. Densidad.

La densidad de la macrofauna varió de  $3,800 \text{ ind.m}^{-2}$  a  $37,750 \text{ ind.m}^{-2}$ , el valor más bajo se registró en la estación 5, a 2,500 m, y el valor más alto se registró en la estación 7, a 181 m. La densidad promedio de la macrofauna béntica varió de  $1,267 \text{ ind.m}^{-2}$  a  $12,575 \text{ ind.m}^{-2}$ . El valor más bajo se registró en la estación 5, a 2,500 m y el valor más alto se registró en la estación 7, a 183 m. La densidad promedio más alta la presentó el grupo de los anélidos poliquetos con  $15,250 \text{ ind.m}^{-2}$  y el de los Nemátodos con  $6,867 \text{ ind.m}^{-2}$ ; la densidad promedio más baja la presentaron conjuntamente los grupos Cnidarios, Nemertinos y Ascidas con  $8 \text{ ind.m}^{-2}$  respectivamente.

La relación de la densidad promedio con la profundidad mostró una correlación negativa ( $r = -0.81, p < 0.1$ ) (Fig. 26). Así mismo se observó una correlación positiva ( $r = 0.99, p < 0.1$ ) entre la densidad y la temperatura (Fig. 27), la densidad promedio y la concentración de clorofila  $a$  en sedimento se relacionó positivamente ( $r = 0.70; p < 0.1$ ) (Fig. 28) y con el contenido de carbono orgánico y los carbonatos en el sedimento superficial ( $r = 0.94; p < 0.1$ , respectivamente) (Fig. 29).

Los componentes faunísticos que por su densidad fueron dominantes en las seis estaciones de muestreo fueron los poliquetos, nemátodos y copépodos (Tabla 6).

TABLA 6 Densidad (ind.m<sup>-2</sup>) de los grupos taxonómicos dominantes en el Escarpe de Campeche (Est. = Estación)

Taxa	Est. 7	Est. 6	Est. 5	Est. 3	Est. 2	Est. 1
Profundidad (m <sup>-1</sup> )	183	461	2500	3050	3020	3200
Poliquetos	9950	1958	408	842	733	1358
Nemátodos	2017	2092	483	725	567	983
Copépodos	58	183	133	158	42	325

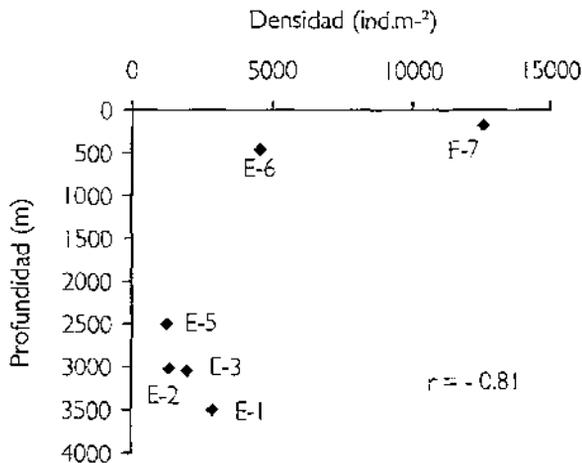


Fig. 26. Relación de la densidad promedio (ind.m<sup>-2</sup>) con la profundidad (m).

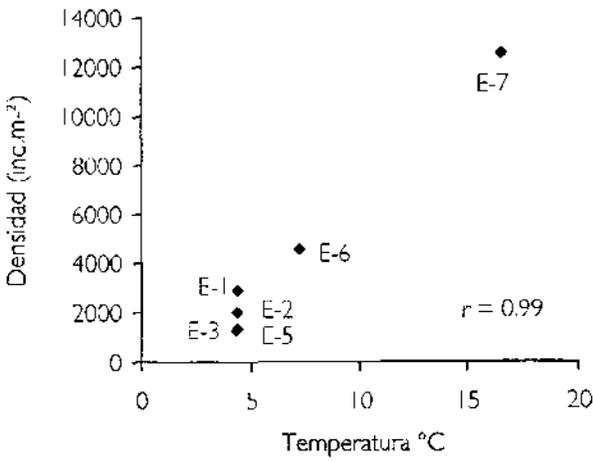


Fig. 27. Relación de la densidad promedio (ind.m<sup>-2</sup>) con la temperatura (°C).

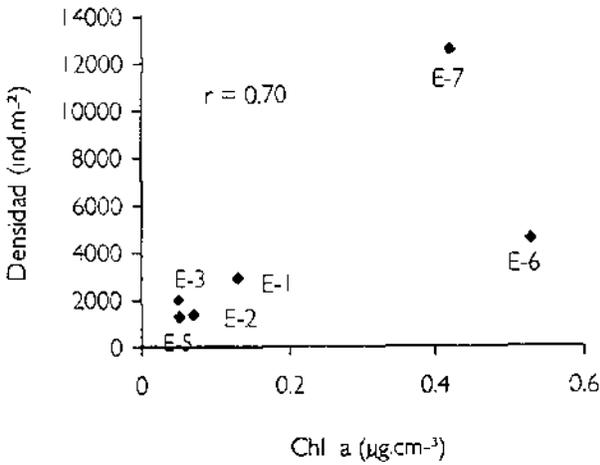


Fig. 28. Relación de la densidad promedio (ind.m<sup>-2</sup>) con la concentración de clorofila *a* (µg.cm<sup>-3</sup>) en el sedimento.

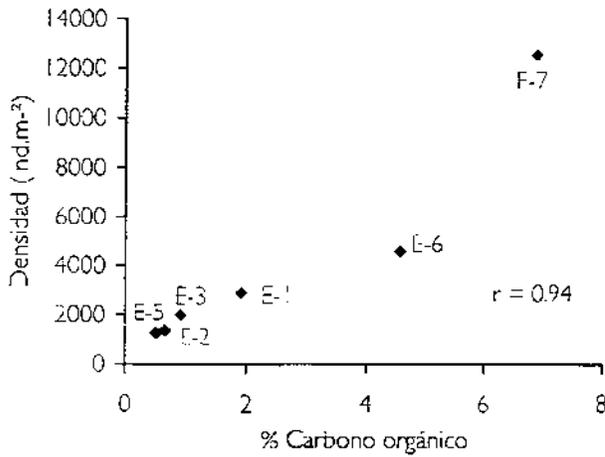


Fig. 29. Relación de la densidad promedio ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) con el contenido de carbono orgánico (%) en el sedimento

#### 4. Biomasa.

La biomasa promedio varió de  $0.7 \text{ gC.m}^{-2}$  a  $1.9 \text{ gC.m}^{-2}$ . El valor más bajo se observó en la estación 3, a 3,050 m y el valor más alto se observó en la estación 7, a 183 m. La biomasa promedio se correlacionó negativamente con el incremento de la profundidad ( $r = -0.73$ ) (Fig.30) al igual que la concentración de oxígeno disuelto en el agua de fondo ( $r = -0.42$ ) (Fig. 31). La correlación de la biomasa promedio con el % de carbono orgánico, el % de carbonatos y la concentración de clorofila *a* fue positiva ( $r = 0.84; 0.84; 0.54$  respectivamente) (Figs. 32 y 33).

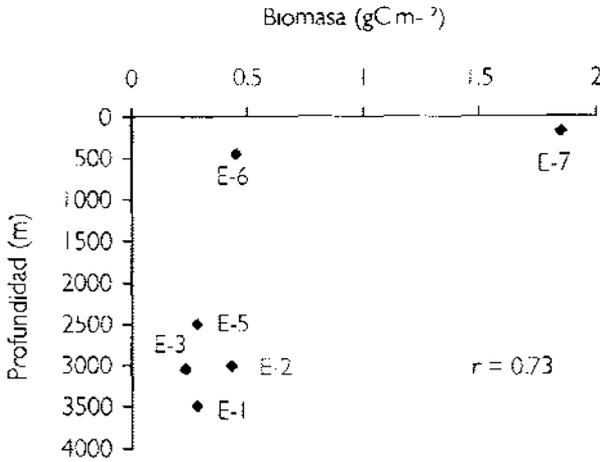


Fig. 30. Relación de la biomasa promedio (gC.m<sup>-2</sup>) con la profundidad (m).

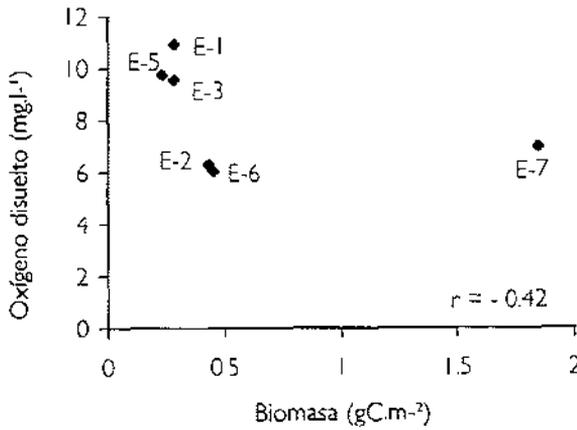


Fig. 31. Relación de la biomasa promedio (gC.m<sup>-2</sup>) con la concentración de oxígeno disuelto (mg.l<sup>-1</sup>).

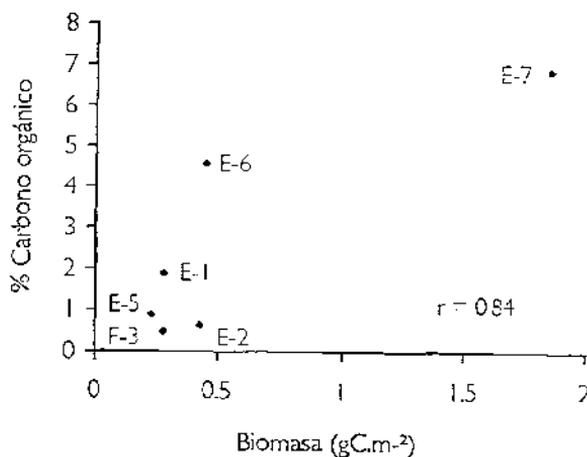


Fig. 32. Relación de la biomasa promedio (gC.m<sup>-2</sup>) con el contenido de carbono orgánico (%).

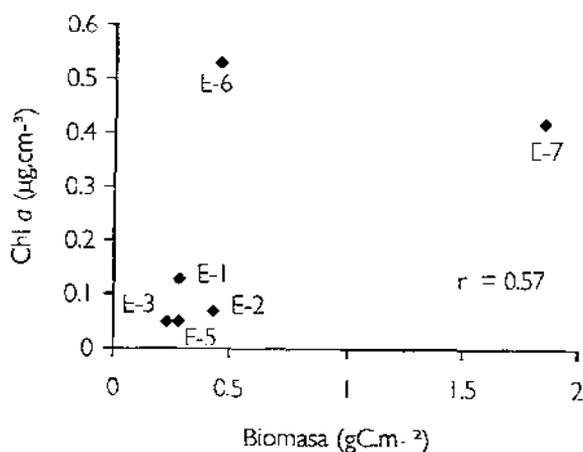


Fig. 33. Relación de la biomasa promedio (gC.m<sup>-2</sup>) con la concentración de clorofila a (µg.cm<sup>-3</sup>) en el sedimento.

La biomasa promedio de los poliquetos presentó una disminución con el incremento de la profundidad de la zona de la plataforma continental hacia la zona de la elevación continental (1.16 a 0.13  $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) y un ligero aumento en la zona de la planicie abisal (0.14  $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ); los nemátodos presentaron una ligera disminución de la zona de la plataforma continental hacia el reborde continental (0.04 a 0.02  $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) y fueron aumentando su biomasa hacia la zona de la planicie abisal (0.02 a 0.05  $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ), los copépodos presentaron un ligero aumento de la zona de la plataforma continental hacia la zona de la planicie abisal (0.01 a 0.02  $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) (Fig. 34).

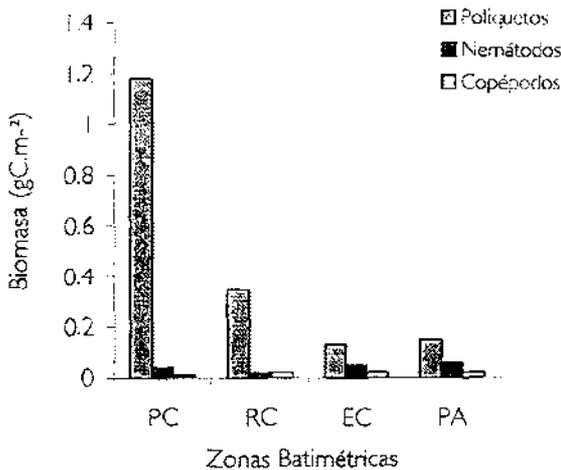


Fig. 34. Biomasa promedio ( $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de los grupos dominantes por zona batimétrica (PC = Plataforma continental; RC = Reborde continental; EC = Elevación continental; PA = Planicie abisal).

Los organismos que mayor porcentaje de biomasa aportaron para la zona del Escarpe de Campeche fueron los anélidos poliquetos con el 90.1 %, los nemátodos aportaron el 1.7 %, los demás grupos aportaron porcentajes menores.

Los anélidos aportaron la biomasa mayor en todas las estaciones; sin embargo, el porcentaje más bajo se registró en la estación 3, a 3.050 m. con 32.4 %. Los nemátodos

presentaron un porcentaje más alto de 33.8 % de la biomasa, y el porcentaje más alto se registró en la estación 5, a 2,500 m, con 98.8 %, los nemátodos aportaron sólo el 0.4 %. El porcentaje más bajo lo presentaron los nemertinos con 0.02% en la estación 7, a 183 m y el valor más alto los poliquetos con 6.4 % de la biomasa, seguido de los decápodos con el 9.3 %, anfípodos con 7.3 %, los bivalvos con 5.4 %, gasterópodos con 3.9 %, los foraminíferos con 2.5 % y los nemátodos con el 2.1 %. Los demás grupos aportan menos del 1 % de la biomasa total.

En la estación 6, a 461 m, el porcentaje más bajo fue el de los ostrácodos, anfípodos, aplusóforos, gasterópodos y escafópodos con 0.08 % respectivamente; el porcentaje más alto fue el de los poliquetos con 77.6 %, seguido de los foraminíferos, nemátodos, bivalvos, copépodos e isópodos con 6.09 %, 4.5 %, 4.2 %, 4.03 % y 2.1 % respectivamente. Los organismos restantes representaron menos del 1 % de la biomasa. En la estación 5, a 2,500 m, el porcentaje más bajo fue el de los bivalvos con 0.08 % y el más alto fue el de los poliquetos con 98.8 % de la biomasa; los organismos restantes aportaron menos del 1 % de la biomasa en dicha estación. En la estación 3, a 3,050 m, el valor más bajo fue el de los sipuncúlidos, tanaidáceos, isópodos, y escafópodos, con 4.2 % cada uno, y el porcentaje más alto fue el de los nemátodos con 33.8 %, seguido por los poliquetos con 32.4 %, los copépodos y bivalvos con 8.5 % respectivamente. En la estación 2, a 3,020 m, el porcentaje más bajo fue el de los copépodos con 2.3 %, y el más alto fue el de los poliquetos con 48.8 % seguido de los tanaidáceos con 38.0 % y los nemátodos con 10.9 %. En la estación 1, a 3,200 m, el porcentaje más bajo fue el de los ácaros, isópodos, anfípodos y aplusóforos con 3.6 % cada uno y el valor más alto fue el de los anélidos poliquetos con 52.4 %, seguido de los nemátodos con 13.1 %, copépodos y bivalvos con 7.1 % cada uno y los tanaidáceos con 6.0 %.

En general los porcentajes de los grupos más abundantes como es el de los poliquetos se mantuvieron constantes en las seis estaciones (en un intervalo de 25.9 a 0.08 %) con excepción de la estación 3 donde fueron remplazados por los nemátodos quienes a su vez fueron organismos constantes (1.5 % a 0.04%) a excepción de la estación 7 en la cual fueron superados por los decápodos (3.1 %) y por los tanaidáceos en las estaciones 5 y 2 (0.06 y 0.2 %, respectivamente, Tabla 7).

TABLA 7. Porcentaje calculado a partir de la biomasa ( $gC.m^{-2}$ ) de cada grupo taxonómico de la macrofauna en las estaciones de muestreo (Est. = Estación)

Taxa	Est. 7	Est. 6	Est. 5	Est. 3	Est. 2	Est. 1
Foraminíferos	2.49	6.09	0.13	0.00	0.00	0.00
Cnidarios	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nemertinos	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gastrotricos	0.99	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00
Nemátodos	2.10	4.50	0.36	33.80	10.85	13.10
Poliquetos	63.42	77.59	98.78	32.39	48.84	52.38
Sipuncúlidos	1.03	0.00	0.00	4.23	0.00	0.00
Ácaros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.57
Ostrácodos	0.54	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Copépodos	0.51	4.03	0.16	8.45	2.33	7.14
Derápodos	9.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tanaidáceos	0.49	0.24	0.49	4.23	37.98	5.95
Isópodos	0.49	2.13	0.00	4.23	0.00	3.57
Anfípodos	7.30	0.08	0.00	0.00	0.00	3.57
Aplacóforos	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	3.57
Gasterópodos	3.93	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Bivalvos	5.38	4.19	0.08	8.45	0.00	7.14
Escafópodos	0.00	0.08	0.00	4.23	0.00	0.00
Equinodermos	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ascídias	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

La proporción de los valores promedio de la densidad por zona batimétrica varió de 4 a 10 veces desde la plataforma continental a la planicie abisal. Los valores de biomasa variaron de 4 a 7 veces sus valores desde la plataforma continental hacia la planicie abisal. La densidad con la biomasa se correlacionó positivamente ( $r = 0.97$ ) (Tabla 8).

TABLA 8 Promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la densidad ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) y la biomasa ( $\text{gC.m}^{-2}$ ) de la macrofauna en las estaciones de muestreo

Estación	Zona	Profundidad (m)	Densidad ( $\text{ind.m}^{-2}$ )		Biomasa $\text{gC.m}^{-2}$	
			( $\bar{x}$ )	(d.e.)	( $\bar{x}$ )	(d.e.)
7	Plataforma continental	183	12,575	5,060	1.80	0.36
6	Reborde continental	461	4,575	4,320	0.44	0.37
5	Elevación continental	2,500	1,267	812	0.28	0.22
3	Planicie abisal	3,050	2,000	638	0.23	0.18
2	Planicie abisal	3,020	1,367	320	0.42	0.44
1	Planicie abisal	3,200	2,908	1,034	0.27	0.21

## DISCUSION

Este estudio se abocó en específico al estudio de la estructura de las comunidades de la infauna macrobéntica y pretendió contribuir al conocimiento del Escarpe de Campeche, región que representa un papel importante desde el punto de vista económico, por una parte, por las pesquerías que representan una fuente alimenticia muy variada y por otro lado, por la presencia de los hidrocarburos en el subsuelo de dicha región (Monreal Gómez & Salas de León, 1990). Las zonas más someras por la presencia de arrecifes se vuelven de interés en aspectos de conservación.

El conocimiento de la estructura comunitaria del bentos es una herramienta que permite entender los efectos de la explotación de los recursos en esta zona del Golfo de México. Algunos organismos componentes del bentos como los poliquetos, crustáceos y moluscos, (gasterópodos y bivalvos), comprenden cerca del 85 % de los organismos en composición béntica marina de los fondos tropicales donde conforman los niveles tróficos que utilizan en forma primaria la energía que llega al bentos. Estos componentes son a la vez una fuente de alimento para peces demersales y crustáceos de importancia comercial (Longhurst y Pauly, 1987).

El cambio a lo largo de las zonas batimétricas influye de manera significativa en el número de especies, su composición, densidad y la biomasa de la comunidad. Una gran parte de los componentes bióticos se reclutan de la columna de agua al sedimento, aquí la profundidad y la disponibilidad de alimento imita la distribución de los organismos. Otros factores actúan como barrera en la dispersión de las especies por su limitación en la tolerancia a los intervalos de temperatura, concentración de oxígeno, alimento y presión. Todos estos factores junto con las características del sedimento determinan patrones de la estructuración en la comunidad bentónica que son respuesta a diversos cambios ambientales conforme aumenta la profundidad (Cognetti-Vanniale y Zuanarelli-Vandini, 1978).

La comunidad del Escarpe de Campeche, analizada en este estudio, tiene la influencia de la profundidad como factor principal del cambio en la estructura comunitaria. Esta se caracteriza

por la disminución gradual en el número de taxa, la densidad, y la biomasa conforme se incrementa la profundidad y la distancia de la costa.

Se aprecia que la concentración de clorofila *a* en el sedimento y el tamaño de grano también determinan el número de taxa encontrados. Así mismo el contenido de carbono y nitrógeno orgánico influyen en el número de organismos, la densidad y la biomasa de las partes más profundas, donde también se observó un ligero incremento del número de taxa.

La distribución en el intervalo de la profundidad de los taxa individuales muestra patrones diversos, con especies encontradas sobre un intervalo amplio de profundidad. La distribución de la macrofauna se ha relacionado a la capacidad de dispersión y reclutamiento tempranos Grassle *et al.* (1979) sugieren que la diferencia en la intensidad de zonación entre la macrofauna está cercanamente relacionada con la capacidad de dispersión de las especies durante su desarrollo temprano.

La composición faunística y la abundancia de los organismos han permitido definir zonas batimétricas con características específicas de factores ambientales como son para el Golfo de México, la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y el tamaño de grano (Darnell y Defenbaugh, 1990; Pequegnat, 1983).

Algunos resultados de los estudios de ordenación y clasificación de la abundancia de los organismos, de forma general sugieren que las zonas de la fauna pueden tal vez, ser mejor vistas como áreas de relativamente bajo cambio de la fauna; separados por áreas de más rápido cambio de ésta (Gage y Tyler, 1991).

Se ha argumentado que la biomasa depende en menor medida de la profundidad que la distancia de la costa (Sanders *et al.*, 1965), donde un mecanismo controla la cantidad de materia terrestre y la productividad de la zona costera que enriquece el bentos (Bruun, 1957; Belyaev, 1966).

La estructura comunitaria en la región de Escarpe de Campeche mostró que opuesto a la hipótesis planteada, los valores fueron dos veces más elevados a los reconocidos en la zona con influencia fluvial (Tabla 9).

TABLA 9. Resumen comparativo de la densidad (ind.m<sup>-2</sup>) y la biomasa (gC.m<sup>-2</sup>) promedio de la infauna macrobéntica con diferentes regiones del océano mundial

Región	Plataforma continental		Reborde continental		Zona		Elevación continental		Planicie abisal		Autor por año
	Densidad (ind.m <sup>-2</sup> )	Biomasa (gC.m <sup>-2</sup> )	Densidad (ind.m <sup>-2</sup> )	Biomasa (gC.m <sup>-2</sup> )	Densidad (ind.m <sup>-2</sup> )	Biomasa (gC.m <sup>-2</sup> )	Densidad (ind.m <sup>-2</sup> )	Biomasa (gC.m <sup>-2</sup> )	Densidad (ind.m <sup>-2</sup> )	Biomasa (gC.m <sup>-2</sup> )	
<b>Golfo de México</b>											
Nordeste	5,625	0.07	-	-	502	0.02	-	-	1,550	0.018	Rowe, (1974)
Nordeste	112	0.002	-	-	19	0.001	-	-	-	-	Rowe y Menzel, (1971)
Oeste	1,888	0.08	-	-	1,264	0.03	-	-	1,203	0.04	Hernández, (1999)
Suroeste	370	0.16	-	-	446	0.08	-	-	-	-	Rodríguez, (1997)
Suroeste	12,575	1.80	4,575	0.44	-	-	1,267	0.28	2,052	0.31	Este estudio
<b>Océano Atlántico</b>											
Nordeste	10,507	0.15	-	-	3,325	0	789	0.20	175	0.01	Rowe, (1974)
Nordeste	4,090	0.52	-	-	1,320	0.31	1,790	0.28	1,510	0.12	Rowe, (1982)
Nordeste	5,733	-	-	-	-	-	4,589	-	-	-	Mackoelk et al., (1986)
Nordeste	35,408	0.48	-	-	3,218	0.34	-	-	4,618	7.40	Smith, (1978)
Nordeste	-	-	-	-	2,568	-	-	-	506	-	Sibuet et al., (1993)
Nordeste	-	-	-	-	5,402	-	-	-	2,085	-	Cosson et al., (1997)
Norte	-	-	-	-	-	-	-	-	1,134	-	Sanders et al., (1965)
<b>Océano Pacífico</b>											
Alaska (Alutami A)	-	-	-	-	51.5	-	-	-	19	-	Levin et al., (1991)
Equatorial este	-	-	-	-	-	-	-	-	364	0.0014	Sibuet et al., (1984)
<b>Otras regiones</b>											
Ártico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Canal Blanco y Sahara Español	1,635	0.08	-	-	35,200	3.2	-	-	-	-	Nichols y Rowe, (1977)
Caribe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yaciguera de Puerto Rico	-	-	-	-	-	-	-	-	28	0.002	Richardson et al., (1995)
Venezuela	-	-	-	-	-	-	-	-	408	0.0	Richardson et al., (1995)
Mar delgado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pakistán	210	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	Savich, (1971)

El aporte del material particulado de la descarga de los ríos en las zonas someras puede justificar valores elevados de abundancia y diversidad (Zenkevitch, 1961). Muchas veces las trincheras en las profundidades hadales (6 a 11 Km) están muy cercanas a la costa presentando biomasa de varios gramos por metros cuadrados, más que los miligramos de otras trincheras, son excepcionales debido a que atrapan sedimentos. Estos en comparación de las trincheras con las planicies abisales tiene una relación biomasa-profundidad claramente más baja; sin embargo, esto no puede ser generalizado, la mayoría de las excepciones como las trincheras, probablemente resulte de las anomalías topográficas que atrapan material detrítico. Esto incluye los cañones submareales (Rowe et al., 1982; Gnggs et al., 1969) y los límites fisiográficos donde el talud de fondo cambia de forma, tal como la plataforma continental (Carey, 1981).

De los factores que al parecer han influido sobre los cambios de la estructura en el área, está la amplitud de la plataforma, que en los valores del sector occidental, los aportes elevados de materia orgánica influyeron negativamente en la abundancia (Rodríguez, 1999; Hernández, 1999) generando zona hipóxicas y anóxicas en el fondo.

En años recientes se ha vinculado la producción fotoautotrófica de los océanos tropicales oligotróficos, para explicar la biomasa béntica (Longhurst y Pauly, 1987). Los principales parámetros ambientales que modulan la riqueza taxonómica de la parte occidental del Golfo de México incluyen la productividad primaria, en virtud a que los valores de la riqueza están asociados con las concentraciones elevadas de clorofila *a* en la columna de agua (Rowe et al., 1974). Dicha descripción relaciona el sector norte del Golfo de México a la productividad. La densidad y la biomasa de la macrofauna en la porción occidental del Golfo se ven controladas por la exportación del material fotoautotrófico proveniente de la capa eufótica (Sibuet et al., 1989; Kojima y Ohta, 1989).

Al existir aportes moderados de materia orgánica la producción bentónica se incrementa (Poiner y Kennedy, 1984; Ansan et al., 1986). A pesar de que se había pensado que los fondos marinos de los océanos tropicales podían ser pobres y por ende poco habitados, los estudios recientes han demostrado todo lo contrario; sobretodo en lo que respecta a la riqueza taxonómica en la región de estudio (Castañeda, 1996; Escobar y Soto, 1997; Escobar et al., 1997, Hernández, 1999; Rodríguez, 1999; Escobar et al., 1999).

Estudios en la plataforma continental y el reborde en la sección occidental (Castañeda, 1996; Escobar y Soto, 1997; Escobar et al., 1997) han demostrado que la deposición al fondo del material fotoautótrofo promueve elevada biomasa al término del periodo de nortes que se colapsa por la ausencia de éste al final del periodo de lluvias. Esto conlleva a la proposición de la realización de más estudios en el marco estacional del mar profundo en ambientes tropicales con el objeto de reconocer si existe una estacionalidad y evaluar su efecto sobre las magnitudes de cambio de la biomasa. Dicha información permitiría reconocer la variabilidad natural del sistema y facilitar los efectos de las perturbaciones generadas por huracanes, contaminación, pesquerías y diversas anomalías climáticas. Dichas alteraciones son fácilmente percibidas por la fauna macrobentónica, debido a su rápida respuesta y ciclo de vida (Escobar et al., 1999).

Los aportes altos conllevan a una reducción del número de taxa, especies y el aumento en el número de individuos de especies oportunistas. El oeste del Golfo de México se beneficia en el marco trófico, de la dispersión de la surgencia generada por la colisión de anillos sobre el talud, generando un gradiente de productividad que decrece en dirección de la porción central del Golfo (Escobar et al., 1999). La Bahía de Campeche está influenciada por las condiciones físicas generadas por el patrón general de circulación que presenta, creándose un sistema dinámico que produce variaciones temporales y espaciales (Escobar y Soto, 1997; Rowe et al., 1974). Es posible observar un periodo de homogeneización de la columna de agua y otro de estratificación. El primero está fuertemente influenciado por las tormentas de invierno, las cuales provocan una mezcla vertical en la columna de agua de más de 100 m de profundidad permitiendo el paso de los nutrientes desde el fondo, los cuales son utilizados para los florecimientos de fitoplancton en los meses de enero a marzo. El segundo se genera un gradiente horizontal marcado que impide el uso de nutrientes de la capa del fondo y genera el predominio del circuito microbiano en zonas tropicales debida al calentamiento superficial y cambio de densidad por lluvias de mayo a octubre (Rodríguez, 1999).

Los valores elevados de densidad y biomasa en el estudio realizado por Rodríguez (1999) en la parte suroeste del Golfo de México se deben a que una proporción considerable de materia orgánica cae al fondo antes de que pueda ser aprovechada o descompuesta en la columna de agua (Berner, 1982). Los valores bajos de densidad y biomasa se deben a la descomposición mayor que sufre la materia orgánica por efecto de la lenta deposición que

permite la degradación de los compuestos más reactivos. A mayor profundidad el aporte de materia orgánica tiende a ser menor, lo que se ha explicado a partir de la baja producción primaria y los períodos extensos de estratificación térmica. Esto es más evidente en aguas tropicales debido a la insolación y consecuentemente al calentamiento de la superficie y el aporte de lluvias en el verano. Los huracanes y depresiones tropicales son eventos que permiten la exportación rápida de carbono biogénico por debajo de la termoclina (Rodríguez, 1999).

Las bajas concentraciones de oxígeno son una explicación para la reducción de la densidad de la macrofauna a profundidades intermedias. Por debajo de las zonas profundas, ambos, la disponibilidad de materia orgánica o de clorofila *a* exportada y la concentración de oxígeno parecen ser promotores de la abundancia existente de la macrofauna en ambientes tropicales (Levin et al., 1991). En contraste la diversidad que afecta como resultado de concentraciones bajas de oxígeno disuelto sobre el talud continental ubicadas bajo las áreas de alta producción en columna de agua.

En el área de estudio esto es evidente frente al río San Fernando (Hernández, 1999) y el delta del Coatzacoalcos (Rodríguez, 1999).

La mayoría de los trabajos para el Golfo de México han demostrado que la densidad disminuye significativamente con la profundidad (Kennedy, 1976; Pequegnat et al., 1990). La diferencia entre el margen continental y la zona abisal citada en dichos estudios es de uno a dos órdenes de magnitud; lo que le ha valido su ubicación dentro de las cuencas oligotróficas (Rowe y Menzel, 1971; Rowe et al., 1974). El análisis comparativo resumido en Escobar et al. (1999) muestra que la diferencia entre los sectores norte y oeste no es significativa dadas las condiciones de eutrofia generadas por los aportes del Mississippi (Blake y Doyle, 1983; Pequegnat, 1983; Pequegnat et al., 1990) o la fertilización por la colisión de los giros en el reborde continental (Escobar y Soto, 1997; Escobar et al., 1997). Esta situación es contrastante con el sector sur que carece de procesos que fertilicen sus aguas superficiales (Rowe y Menzel, 1971), donde los valores de densidad de la infauna macrobéntica en cada uno de los estratos de profundidad son de una a tres órdenes de magnitud menores que los observados en el sector norte. Como mecanismos alternos que pueden sostener las densidades elevadas

reconocidas se podría citar el acúmulo de materia orgánica por el delta de Mississippi y su acarreo por corrientes de turbidez, así como la posible infiltración de hidrocarburos en la planicie abisal (Escobar et al., 1999).

La densidad máxima reconocida en el talud continental del sector norte del Golfo se le atribuye a la infiltración de hidrocarburos, y metano, mientras que en el oeste del Golfo se asoció con los procesos de la columna de agua (Escobar et al., 1999) en forma consistente con otros estudios del océano mundial donde la densidad máxima se ha asociado con las surgencias sobre el margen continental (Kojima y Ohta, 1989; Shin y Kon, 1990; Blake y Grassle, 1994; Sumida y Pires-Vanin, 1997).

Otro de los factores ambientales que influyen en la riqueza taxonómica, es el tamaño de grano (Glómárec, 1973). El sedimento atrapa y almacena temporalmente muchos contaminantes, la respuesta del bentos ante las perturbaciones es más fácil de asignar a un agente casual concreto por lo que se le podría considerar como una agrupación de elementos integradores de la calidad del agua, de la naturaleza del sustrato depende la composición, abundancia y diversidad de la comunidad (Saizázar-Vallejo, 1991).

El estrés físico, tal como los efectos catastróficos de los derrumbes y deslaves del sedimento son el resultado de la inestabilidad sobre los taludes y puede explicar por que hay menos especies presentes de las que hay en las planicies abisales adyacentes (Jumars y Hessler, 1976).

Los valores altos de densidad y biomasa de este estudio en la zona de la plataforma continental se deben a la heterogeneidad que produce el tamaño de grano que genera espacios intersticiales suficientes para los organismos y que permite la oxigenación adecuada para éstos. Así mismo la disponibilidad de materia orgánica como carbono orgánico generado por la producción primaria béntica provee de fuentes de alimento de alta calidad. La disminución de la densidad y biomasa sobre el margen continental se puede atribuir a las condiciones de oxigenación menor por una parte a pesar de que los organismos pueden tener adaptaciones fisiológicas, pero principalmente a la inestabilidad del sedimento por corrientes y depósitos a profundidad.

Los datos obtenidos de la densidad y biomasa de los organismos en las diferentes zonas de estudio son relativamente elevados en comparación de los estudios realizados en otros sectores del Golfo (Rowe et al., 1974; Hernández, 1999; Rodríguez, 1999) debido probablemente a aportes estocásticos por desplome en el Escarpe de Campeche. Existe gran similitud con los valores registrados para el océano Atlántico (Rowe et al., 1974; Rowe et al., 1982; Maciolek et al., 1986; Sibuet et al., 1993; Cosson et al., 1997; Smith, 1978); como se observa en la tabla 9.

El análisis de la estructura comunitaria en este estudio contribuye con el conocimiento de la infauna macrobéntica del sector sur del Golfo de México. Permite establecer que factores afectan a los organismos bénticos y así como una base que permita establecer tendencias a efectos futuros y perturbaciones de la explotación de los recursos, así como por los efectos causados por la naturaleza como son los huracanes que afectan a esta zona de importancia económica para México.

## CONCLUSIONES

1. El hábitat béntico en las diferentes zonas batimétricas en el Esmarpe de Campeche, se caracterizó por temperaturas en el intervalo de 4.32 a 16.55 °C, la presencia de masas de agua Atlántica superficial, una mezcla de agua Subtropical subsuperficial con el agua intermedia del Golfo y la masa de agua Noratlántica profunda. Así mismo la concentración de clorofila *a* en sedimento fue de 0.05 a 0.53  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , la predominancia de limos entre 85.0 a 95.80 % y el porcentaje de carbono orgánico alto (0 a 6.88 %) así como de carbonatos (41.7 a 57.31 %). Las aguas de fondo estuvieron bien oxigenadas con concentraciones de oxígeno disuelto de 6.02 a 10.93  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ .
2. La comunidad de la infauna macrobéntica se compuso de 20 taxa agrupados en 11 Phyla. La variación de la composición taxonómica en las zonas batimétricas en el Esmarpe de Campeche fue de 11 a 3. El número mayor de taxa se observó en las zonas someras, la planicie abisal se caracterizó por una disminución de taxa. Los cidarios, nemertinos, equinodermos y ascidias fueron taxa exclusivos de la zona de la plataforma continental y los ácaros caracterizaron por su presencia la planicie abisal.
3. La densidad y la biomasa de la infauna macrobéntica disminuyeron con el aumento de la profundidad de 12,575  $\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$  a 1,267  $\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$  y de 1.9  $\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$  a 0.2  $\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$  respectivamente. Estas se correlacionaron con la profundidad con  $r = -0.81$  y  $-0.73$  respectivamente. Las proporciones en los valores promedio de la densidad y biomasa por zona batimétrica variaron de 4 a 10 y de 4 a 7 veces los valores observados en la plataforma continental, disminuyendo hacia la planicie abisal. La densidad y la biomasa se correlacionaron positivamente ( $r = 0.97$ ). Los factores ambientales con el número de Phyla presentes en las estaciones de muestreo mostraron correlaciones bajas y requirieron que a futuro los grupos taxonómicos se identifiquen a niveles más altos.
4. La abundancia y la densidad se correlacionaron positivamente con la clorofila *a* en sedimento ( $r = 0.70$ ) y el contenido de carbono orgánico ( $r = 0.94$ ). En el caso de la biomasa ésta se correlacionó adicionalmente con la concentración de oxígeno disuelto del agua de fondo ( $r = -0.42$ ), y en el sedimento con el carbono orgánico y los carbonatos ( $r = 0.85$ ) al igual que con la clorofila *a* ( $r = 0.57$ ).

En general, a partir de los resultados de este trabajo se puede concluir que el bentos de los fondos someros se sostiene de producción primaria béntica, mientras que las comunidades bénticas de los fondos profundos dependen de la exportación de carbono biogénico y el transporte de materia orgánica procedente de aguas someras a profundidad.

REFERENCIAS

- Ansan, Z.A., Ingole, B.S. and Parulekar, A.H. (1986). Effect of high organic enrichment on benthic polychaete population in an estuary. *Mar. Poll. Bull.* 17: 361-365.
- Antoine J.W. (1972). Structure of the Gulf of Mexico. In: R. Rezak and V.J. Henry (eds.) *Contributions on the geological and geophysical oceanography of the Gulf of Mexico* Vol. 3. Texas A & M University, pp 1-34.
- Belyaev, G.M. (1966). Bottom fauna of the ultraabyssal of the world ocean. In: G.T. Rowe (ed.) *Deep-sea biology, The sea*. Vol. 8. Wiley, N.Y. 560 pp.
- Berner, R.A. (1982). Chemistry of biogenic matter at the deep-sea floor. In: Ernest, W.G. & Morin, J.G. (eds.). *The environment of the sea*. Prentice-Hall, USA. pp 154 - 176.
- Bessonov, N., González, O. y Elizarov, A. (1971). Oceanografía química. In: G.E. de la Lanza (comp.) *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe*. AGT de México, D.F. pp 79-106.
- Blake, N. J. and Doyle, L.J. (1983). Infaunal-sediment relationships at the shelf-slope break. *SEPM Special Publication*. 33: 381-389.
- Blake, J.A. and Grassle, J.F. (1994). Benthic community structure on the US South Atlantic slope off the Carolinas: spatial heterogeneity in a current dominated system. *Deep-sea Res.*, 41: 835-874.
- Bouma, H.A. (1972). Distribution of sediments and sedimentary structures in the Gulf of Mexico. In: Rezak, R. and Henry, V. J. (eds.). *Contributions on the geological and geophysical oceanography of the Gulf of Mexico*. Houston, Texas 3: 33-65.
- Bryant, W.R., Lugo, J., Córdova, C. and Salvador, A. (1991). Physiography and bathymetry. In: Salvador (ed.), *The Gulf of Mexico Basin*. Boulder, Colorado. Geological Society of America. The Geology of North America. Vol. J. pp. 13-30.
- Brusca, D. S and Brusca, G. J. (1990). *Invertebrates*. Sinauer Ass. Inc. Pub. Sunderland, MA. 922 pp.
- Brunn, A.F. (1957). Deep-sea and abyssal depths. In: G.T. Rowe (ed.), *Deep-sea biology, The sea*. Vol. 8. Wiley, N.Y. 560 pp.
- Carey, A. G. (1981). A comparison of benthic infaunal abundance on two abyssal plains in the northeast Pacific ocean with comments on deep-sea food sources. *Deep-Sea Res.*, 28: 467-479.

- Castañeda, O. (1996). *Contribución al conocimiento de la infauna del margen continental del Golfo de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 85 pp.
- Cognetti-Varralle, A.M. and Zunarelli-Vandini. (1978). Distribution des polychaetes sur les fonds meubles infralittoraux du molise (Adriatique). *Extrait Cah. Biol. Mar.* Tome X.X: 37 - 45.
- Cosson, N., Sibuet, M. and Galeron, J. (1997). Community structure and spatial heterogeneity of the deep Sea macrofauna at three contrasting stations in the tropical northeast Atlantic. *Deep-sea Res.* 44(2): 247-260.
- Darnell, R.M. and Deffenbaugh, R.E. (1990). Gulf of Mexico: Environmental overview and history of environmental research. *Am. Zool.* 30: 3-6.
- De la Lanza, E.G., Rodríguez, M.A., Estrada, J., y Guevara, S. (1976). Hidrología de la Bahía de Campeche y norte de Yucatán. In: G.E. de la Lanza (comp.), *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe*. AGT De México, D.F. pp 3-29.
- El Sayed, S.Z., Sackett, W.M., Jeffrey, L.M., Fredericks, A.D., Saunders, R.P., Conger, P.S., Fryxell, G.A., Steidinger, K.A. and Earle, S.A. (1972). Oceanografía química. In: G.E. de la Lanza (comp.), *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe*. AGT De México, D.F. pp. 79-106.
- Escobar, E., Soto, L. A., López, M. y Signoret, M. (1997). Densidad y biomasa de la meiofauna del talud continental superior en dos regiones del Golfo de México. *Cien. Mar.* 25: 193-212.
- Escobar, E. and Soto, L.A. (1997). Continental shelf benthic biomass in the western Gulf of Mexico. *Cont. Shelf Res.*, 17: 585-604.
- Escobar, E., Signoret, M. y Hernández, D. (1999). Variación de la densidad de la infauna macrobentónica en un gradiente batimétrico: Oeste del Golfo de México. *Cien. Mar.* 25: 193-212.
- Falcón, L. (1998). *Consumo de oxígeno y biomasa de la infauna del ambiente de plataforma continental del sureste de Golfo de México y península de Yucatán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 78 pp.
- Fofonoff, N.P., and Millard, R.C. Jr. (1983). Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. UNESCO Technical Papers in Marine Science. 44: 53 pp.
- Folk, R.L. (1969). *Petrología de rocas sedimentarias*. Trad. Carmen P. de Shlaepter y R.M. de Schmitter Inst. de Geología. UNAM. 405 pp.
- Fresi, E., Gambi, M.A., Focardi, S., Bargagli, R., Baldi, F., and Falcia, L. (1983). Benthic community and sediment types: A structural analysis. *Mar. Ecol.*, 4 (2): 101-121.

- Gage, J.D. and Tyler, P.A. (1991) *Deep-Sea Biology: A natural History of Organisms at the Deep-Sea Floor*. Cambridge Univ. Press. Gran Bretaña. 504 pp.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. *Inst. Geograf.* UNAM. 264 pp.
- Gettleson, D.A. (1976). *An ecological study of the benthic meiofauna and macroinfauna of a soft bottom area on the Texas outer continental shelf* Texas, A & M. Ph. D. Thesis. 256 pp.
- Glémarec, M. (1973) The benthic communities of the European North Atlantic continental shelf. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 1: 263-289
- Grajales - Nishimura, J. M., Cecillo-Pardo, E., Rosales-Domínguez, C., Morán-Zenteno, D.J., Alvarez, W., Claeys, P., Ruíz-Morales, J., García-Hernández, J., Padilla-Avila, P. and Sanchez-Ríos, A. (2000). Chicxulub impact: The origin of reservoir and seal facies in the southeastern Mexico oil fields. *Geology*, 28: 307 -310
- Grassle, J.F., Sanders, H.L. and Smith, W. (1979). Faunal changes with depth in the deep-sea benthos. *Ambio. Special Report* 6:47-50.
- Gray, J.S. (1974). Animal-sediment relationships. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 12. 223-261.
- Gnggs, G.B., Carey, A.G Jr. and Kulm, L.D. (1969) Deep-sea sedimentation and sediment fauna interaction in Cascadia Channel and on Cascadia abyssal plain. *Deep-Sea Res.*, 16: 157-170.
- Hernández, A.H.A. (1995). *El concepto de suficiencia taxonómica aplicado a comunidades bénticas tropicales*. Tesis de Maestría. CINVESTAV - IPN. Mérida, México. 204 pp.
- Hernández, R.D. (1999). *Riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la infauna macrobéntica a lo largo de un gradiente batimétrico en el sector occidental del Golfo de México*. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 43 pp.
- Ichije, T. (1962). Circulation and water mass distribution in the Gulf of Mexico. *Geoffs. Int.* 2: 4776.
- Ilin, A.V. (1976). *Atlanticheskii okean Esc 1:20,000 000 (Carta Geomorfológica del O. Atlántico)*. In: Lugo, H. (ed.). *Morfoestructuras del fondo oceánico mexicano*. *Bol. Inst. Geog.* 15: 293 pp.
- Ingmanson, D.E. and Wallace, W.J. (1989). *Oceanography, an introduction*. In: Hernández, R.D. (1999). *Riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la infauna macrobéntica a lo largo de un gradiente batimétrico en el sector occidental del Golfo de México*. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 43 pp

- Instituto Mexicano del Petróleo. (1980). Informe de los trabajos realizados para el control del pozo Ixtoc 1, el combate del derrame de petróleo y determinación de sus efectos sobre el ambiente marino. In: G.E. de la Lanza (comp.), *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe*. AGT de México, D.F. pp 3-29.
- Jansson, B.O. (1976). The availability of oxygen for the interstitial fauna of sandy beaches. In: Tresi, E., Gambi, M.A., Focardi, S., Bargagli, R., Baldi, F., and Falciai, L. (eds.), *Benthic community and sediment types: A structural analysis*. *Mar. Ecol.*, 4 (2): 101-121.
- Jumars, P.A. and Hessler, R.R. (1976). Hadal community structure: Implications from the Aleutian Trench. In: Biomass and production of the deep-sea macrobenthos. In: G.T. Rowe (ed.), *Deep-sea biology. The sea. Vol. 8*. Wiley, N.Y. 560 pp.
- Kennedy, E.A. (1976). *A distribution study of deep-sea macrobenthos collected from the western Gulf of Mexico*. Ph. D. Dissertation, Texas A & M. University. 200 pp.
- Kinne, O. (1973). Environmental factors. Oceans and coastal waters as life-supporting environments *Mar. Ecol.*, Vol. 1, part I, Ch. 3. A.W. Coiler pp 321-340.
- Kojima, S. and Ohta, S. (1989). Patterns of bottom environments and macrobenthos communities along the depth gradient in the bathyal zone off Saunky, Northwestern Pacific. *J. Ocean Soc. Japan.* 45:95-105.
- Krebs, C. J. (1985). *Ecología de la distribución y la abundancia*. Harla, México. 753 pp.
- Lalli, M.C. and Parsons, T.R. (1993). *Biological oceanography. An introduction*. Butterworth, Great Britain. 301 pp.
- Iecuanúa, R. y Ramos, F. (1985). Oceanografía geológica. In: G.E. de la Lanza (comp.), *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe*. AGT de México, D.F. pp. 3-29.
- Levin, L. A., Huggett, C.L. and Wishner, K.F. (1993). Control of deep-sea benthic community structure by oxygen and organic-matter gradients in the eastern Pacific Ocean. *J. Mar. Res.* 49: 763-800.
- Linch, S.A. (1954). Geology of the Gulf of Mexico. In: Galtsoff, P.S. (ed.), *Gulf Of Mexico. Its Origin, Waters and Marine Life. Fish. Bull. Fish. Wild. Serv.* 53: 67-87.
- Logan, B.W., Harding, J.L., Ahr, W.M., Williams, J.D. and Shead, R.G. (1969). Carbonates sediments and reefs Yucatan shelf, Mexico. *American Association of Petroleum Geologist, Memoir.* 11: 1-198.

- López, M. (1996). *Meiofauna de dos ambientes terrígeno (Tamaulipas) y carbonatado (Yucatán) del margen continental en el Golfo de México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 32 pp.
- López, R. (1981). *Geología de México*. In Veázquez, A.J. (1996) *Perforaciones en el noroeste de la Península de Yucatán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 95 pp.
- Longhurst, A.R. and Pauly, D. (1987). *Ecology of tropical oceans. Ch. 4 Biological communities of tropical oceans*. Academic Press, Inc. USA. Pp. 71 - 81.
- Lugo, J.L. (1985). Morfoestructuras del fondo oceánico mexicano. *Bol Inst. Geog.* 15. 293 pp.
- Macioleck, N.J., Grassle, J.F., Brown, B., Boehm, P.D., Petrecca, R., Dace, B., Baptiste, F. and Ruff, R.E. (1986). *Study of biological processes on the US North Atlantic slope and rise*. Final report Prepared for US Department of the Interior Minerals Management Service, Washington, D.C. 20240. 35 pp. + Appendices A-I.
- Mare, M. (1942). A study of marine bentic community with special reference to the microorganisms. In: Gage, J.D. and Tyler, P.A. (eds.) *Deep-Sea Biology: A natural history of organisms at the deep-sea floor*. Cambridge Univ. Press. Gran Bretaña. 504 pp.
- Monaco, A., Courp, T., Heussner, S., Carbonne, J., Fowler, S.W., and Deniaux, B. (1990). Seasonality and composition of particulate fluxes during ECOMARGE-I, western Gulf of Lions. *Cont. Shelf Res.* 10: 959-987.
- Monreal -Gómez, M.A. y Salas De León, D.A. (1985). Barotropic and baroclinic modes in the Gulf of Mexico. In: Grieken, V. & Wallast, R. (eds.) *Proc. Progress in Belgian Oceanogr. Res.*, Brussels, 3-5 March, 1985: 81-91.
- Monreal -Gómez, M.A. y Salas De León, D.A. (1990). Simulación de la circulación en la Bahía de Campeche. *Geofísica Int.*, 29 (2): 101 - 110.
- Monreal -Gómez, M.A. y Salas De León, D.A. (1997). Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. Cap. 9 in: Lavin, M.F. (ed.) *Contribuciones a la oceanografía física en México*. Monografía No. 3. Parte III: Golfo de México y Mar Caribe. Unión Geofísica Mexicana.
- Nichols, J. A. and Rowe, G.T. (1977). Infaunal macrobenthos off Cap Blanc, Spanish Sahara. *J. Mar. Res.* 35: 525- 536.
- Nowlin, W.D. (1972). Winter circulation and property distributions. In: L. R. Capurro and J. Reid (eds.), *Contributions on the Physical Oceanology of the Gulf of Mexico*, Gulf Publ. Co., Houston, Texas. pp. 3-51.

- Pelfa, E. (1990). Elemental organic análisis. Part 1 and 2. *Am. Lab.* 22 (7): 116-130.
- Pequegnat, W.E. (1971). Contributions on the biology of the Gulf of Mexico. Houston Tex. 270 pp.
- Pequegnat, W.E. (1983). The ecological communities of continental slope and adjacent regimes of the northern Gulf of Mexico. Prepared by *TerEco Corporation for Minerals Management Service, U.S. Department of the Interior*. Contract AA851-CT112. 398 pp. + Append.
- Pequegnat, W.E., Gallaway, B., and Pequegnat, L.I. (1990). Aspects of the ecology of the deep water fauna of the Gulf of Mexico. *Amer. Zool.* 30: 45-64.
- Pica, G.Y., Ponce M.G. y Barrón, M.F. (1991). Oceanografía geológica. In: G.E. de la Lanza (comp.). *Oceanografía de mares mexicanos Golfo de México y Mar Caribe*. AGT de México, D.F. pp 3-29.
- Pineda, R.L. and Pica, Y.G. (1991). Oceanografía física. In: G.E. de la Lanza (comp.). *Oceanografía de mares mexicanos Golfo de México y Mar Caribe*. AGT De México, D.F. pp 31-60
- Poiner, I.R. and Kennedy, R. (1984). Complex patterns of change in the macrobenthos of a large sandbank following dredging. I. Community analysis. *Mar. Biol.* 78: 335-352.
- Ponce, V.M.G., Pineda, R.L., y Pica, G.Y. (1991). Oceanografía química. In: G.E. de la Lanza (comp.). *Oceanografía de mares mexicanos Golfo de México y Mar Caribe*. AGT de México, D.F. pp 79-106.
- Richardson, M.D., Briggs, K.B., Bowles, F.A. and Tjeften, J.H. (1995). A depauperate benthic assemblage from nutrient-poor sediments of the Puerto Rico Trench. *Deep-Sea Res.* 42(3): 351-364.
- Rodríguez, P.P. (1999). *Variación de la densidad y biomasa de la infauna macrobéntica a lo largo de un transecto batimétrico en el SW del Golfo de México*. Tesis de Licenciatura. FNI-EP Iztacala. Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 52 pp.
- Rowe, G.T. (1983). Biomass and production of the deep-sea macrobenthos. In: G.T. Rowe (ed.). *Deep-sea biology, The Sea*. Vol. 8. Wiley, N.Y. 560 pp.
- Rowe, G.T. and Menzel, D.W. (1971). Quantitative benthic samples from the deep Gulf of Mexico with some comments on the measurement of deep-sea biomass. *Bull. Mar. Sci.* 21: 556-566.
- Rowe, G.T., Polloni, P.T., and Horner, S.G. (1974). Benthic biomass estimates from the northwestern Atlantic Ocean and the northern Gulf of Mexico. *Deep Sea Res.* 21: 641-650.
- Rowe, G.T., Polloni, P.T. and Hzedrich, R.L. (1982). The deep-sea macrobenthos on the continental margin of the northwest Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res.* 29: 257-278.

- Salazar-Vallejo, S. (1991). *Contaminación marina*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Fondo de Publicaciones y ediciones. México. 193 pp.
- Sanders, H.L., Hessler, R.R. and Hampson, G.R. (1965). An introduction to the study of deep-sea benthic faunal assemblages along the Gay Head-Bermuda transect. *Deep-Sea Res.* 12: 845-867.
- Saila, S.B. (1976). Sedimentation and food resources. Animal-sediment relationships. In: Fresi, E., Gambi, M.A., Focardi, S., Bargagli, R., Baldi, F., & Falcia, L. (eds.) Benthic community and sediment types: A structural analysis. *Mar. Ecol.*, 4 (2): 101-121
- Saulwood, L. and Morse, J.W. (1991). Sulfate reduction and iron sulfide mineral formation in the Gulf of Mexico anoxic sediments. *Amer. J. Sci.* 291: 55-89
- Savich, M.S. (1971). Quantitative distribution and food value of benthos from the west Pakistan shelf. *Oceanology* 11: 113-119.
- Segura, G.J., Batllori, S.E., Olvera, V.V. y Domínguez, R.S. (1982). Oceanografía química. In: G.E. de la Lanza (comp) *Oceanografía de mares mexicanos Golfo de México y Mar Caribe*. AGT ce. México, D.F. pp 79-106
- Shin, H.C. and Koh, C.H. (1990). Distribution and abundance of ophiuroids on the continental shelf and slope of the East Sea (southwestern Sea of Japan). *Korea. J. Oceanol. Soc. Korea.* 25(4): 22-31.
- Sibuet, M., Monniot, C., Desbruyères, D., Dinet, A., Khripounoff, A., Rowe, G.T. and Segonzac, M. (1984). Peuplements benthiques et caractéristiques trophiques du milieu dans la plaine abyssale de Demerara. *Ocean. Acta* 7: 345-358.
- Sibuet, M., Lambert, C.E., Chesselet, R. and Laubier, L. (1989). Density of the major size groups of benthic fauna and trophic input in deep basins of the Atlantic Ocean. *J. Mar. Res.* 47: 851-867.
- Sibuet, M., Charmasson, A.P., Dinet, D.J., Galeron, A., Guidi-Guilvard, J. And Nahaut, M.L. (1993). The benthic ecosystem in the three EUMEL sites in the northeast tropical Atlantic: General perspectives and initial results on biological abundance and activities. *Ann. inst. Oceanogr. Paris.* 69. 21-33.
- Smith, K.L. (1978). Benthic community respiration in the N.W. Atlantic Ocean: in situ measurements from 40 to 5200 m. *Mar. Biol.*, 47: 337-347
- Soberón-Chávez, G. y Yáñez-Arancibia, A. (1985). Control ecológica de los peces demersales: Variabilidad ambiental de la zona costera y su influencia en la producción natural de los recursos

- pesqueras. In: A.R. Longhurst (eds.). *Recursos pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón*. UNAM. pp. 399-485.
- Soto, L.A. y Escobar, E. (1995). Coupling mechanisms related to benthic production in the southwestern Gulf of Mexico. In: Eleftheriou, A., Ansell, A.D. y Smith, J. (eds.). *Biology and ecology of shallow coastal waters Proc. 28th European Marine Biology Symposium, International Symposium Series*. Olsen & Olsen, Denmark. pp 233-242.
- Sparck, K. (1956) The density of the ocean floor. In: *The Galathea Deep-sea expedition 1950-1952* Allen and Unwin, London. pp. 196 - 201.
- Strickland, J.H.D. and Parsons, T.R. (1972). A practical handbook of seawater analysis *Fish. Res. Board Canada Bull.* 167. Alger Press Ltd., Ottawa, 310 pp.
- Sumida, P.Y.G. and Pires-Vanin, A.M.S. (1997). Benthic associations of the shelfbreak and upper slope off Ubatuba-SP, southeastern Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 44: 779-784.
- Uchupi, E. (1975). Physiography of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. In: A.E.M. Naim and F.G. Stehli (eds.). *The ocean basins and margins*. Vol. 3. Plenum Press, London. 706 pp
- Velázquez, A.F. (1996). *Perforaciones en el noroeste de la Península de Yucatán*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 95pp.
- Vera, S.P. (1996). *Caracterización petrográfica de las rocas de impacto del cráter de Chicxulub*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 83 pp.
- Vidal, V.M., Vidal, F.V. y Hernández, A.F.(1990). *Atas oceanográfico del Golfo de México*. Vol. 2. Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Morelos, México. 707 pp.
- Yáñez-Arancibia, A. and Day, J.W. (1982). Ecological characterization of Terminos Lagoon: a tropical lagoon estuarine system in the southern Gulf of Mexico. *Oceanol Acta*, 5: 431-500.
- Zenkevich, L.A. (1961). Certain quantitative characteristics of the pelagic and bottom life of the ocean. In: G.T. Rowe (ed.). *Deep-sea biology, The Sea*. Vol. 8. Wiley, N.Y. 560 pp.
- Zenkevich, L. A. (1969). Deep-sea bottom fauna. pleuston. In: Hessler, R.R. and Jumars, P.A. (eds.). *Abyssal community analysis from replicate box cores in the central North Pacific*. *Deep-Sea Res.*, 21: 185-209.

APENDICES

1. Valores totales, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la abundancia de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México...72
2. Valores totales y porcentajes de la abundancia de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México...73
3. Valores totales, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la densidad ( $\text{Ind.m}^{-2}$ ) de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México...74
4. Valores totales, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la biomasa expresada como peso húmedo fijado ( $\text{phf}$ ) en unidades de gramos de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste de Golfo de México...75
5. Valores totales, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la biomasa del peso húmedo fijado ( $\text{phf}$ ) expresado como  $\text{gphf.m}^{-2}$  de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México...76
6. Valores totales, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la biomasa en unidades de  $\text{gC.m}^{-2}$  de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México (constante de transformación usada 3.4 % por unidades de  $\text{phf}$  según Rowe, 1983)...77
7. Correlación entre los factores ambientales y el número de Phyla, abundancia, densidad ( $\text{Ind.m}^{-2}$ ) y biomasa ( $\text{gC.m}^{-2}$ ) de la macrofauna, en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México...78

Apéndice 1. Valores totales, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la abundancia de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México

Phylum	Taxa	Est.7			Est.6			Est.5			Est.3			Est.2			Est.1				
		Total	$\bar{x}$	d.e.	Total	$\bar{x}$	d.e.	Total	$\bar{x}$	d.e.	Total	$\bar{x}$	d.e.	Total	$\bar{x}$	d.e.	Total	$\bar{x}$	d.e.		
1	Sarcomastigophora	Foraminíferos	18	6	4	10	3	3	9	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	Cnidaria	Cnidarios	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	Nemertea	Nemertinos	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	Gastrotricha	Gastrotrícos	13	4	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	Nematoda	Nemátodos	242	81	31	251	84	83	58	19	11	87	29	6	68	23	4	118	39	10	
6	Annelida	Poliquetos	1194	398	74	235	78	64	49	16	6	01	34	3	88	29	6	163	54	20	
7	Sipuncula	Sipuncúlidos	9	3	3	0	0	0	1	0	1	6	2	2	0	0	0	0	0	0	
8	Arthropoda	Acaros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	
		Ostrácodos	3	1	1	3	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Copépodos	7	2	2	22	7	8	6	5	6	19	6	4	5	2	2	39	13	3	
		Decápodos	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
		Tanaidáceos	1	0	1	4	1	2	15	5	3	8	3	4	2	1	1	7	2	2	
		Isópodos	1	0	1	10	3	5	1	0	1	8	3	2	0	0	0	1	0	1	
		Anfípodos	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	
		9	Mollusca	Aplacóforos	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Gasterópodos	4	1		2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1		
Bivalvos	5	2		1	9	3	3	2	1	1	9	3	2	0	0	0	13	4	3		
Escafópodos	0	0		0	1	0	1	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0		
10	Echinodermata	Equinodermos		8	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	Chordata	Ascidias	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TOTAL			1512	504	127	549	183	173	152	51	32	240	80	24	164	55	13	349	116	41	

Apéndice 2. Valores totales y porcentajes de la abundancia de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México

Phylum	Taxa	Est.7		Est.6		Est.5		Est.3		Est.2		Est.1		
		Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	
1	Sarcomastigophora	Foraminíferos	18	1.2	10	1.8	9	5.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0
2	Cnidaria	Cnidarios	1	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
3	Nemertea	Nemertinos	1	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
4	Gastrotricha	Gastrotrichos	13	0.9	1	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
5	Nematoda	Nemátodos	242	16.0	251	45.7	58	38.2	87	36.3	68	41.5	118	33.8
6	Annelida	Poliquetos	1194	79.0	235	42.8	49	32.2	101	42.1	88	53.7	163	46.7
7	Sipuncula	Sipuncúlidos	9	0.6	0	0.0	1	0.7	6	2.5	0	0.0	0	0.0
8	Arthropoda	Acaros	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	0.6
		Ostrácodos	3	0.2	3	0.5	1	0.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
		Copépodos	7	0.5	22	4.0	16	10.5	19	7.9	5	3.0	39	11.2
		Decápodos	3	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	0.6	0	0.0
		Tanaidáceos	1	0.1	4	0.7	15	9.9	8	3.3	2	1.2	7	2.0
		Isópodos	1	0.1	10	1.8	1	0.7	8	3.3	0	0.0	1	0.3
		Artrópodos	1	0.1	1	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	0.6
9	Mollusca	Aplousóforos	0	0.0	1	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	0.6
		Gasterópodos	4	0.3	1	0.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	0.6
		Bivalvos	5	0.3	2	0.4	2	1.3	9	3.8	0	0.0	13	3.7
		Escalópodos	0	0.0	1	0.2	0	0.0	2	0.8	0	0.0	0	0.0
10	Echinodermata	Equinoquermos	8	0.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
11	Chordata	Ascidias	1	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
TOTAL:			1512	100	549	100	152	100	240	100	164	100	349	100

Apéndice 3. Valores totales, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la densidad (ind.m<sup>-2</sup>) de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México

Phylum	Taxa	Est.7	$\bar{x}$	d.e.	Est.6	$\bar{x}$	d.e.	Est.5	$\bar{x}$	d.e.	Est.3	$\bar{x}$	d.e.	Est.2	$\bar{x}$	d.e.	Est.1	$\bar{x}$	d.e.	
		Total			Total			Total			Total			Total			Total			
1	Sarcomastigophora	Foraminíferos	450	150	90	250	83	72	225	75	109	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Cnidaria	Cnidarios	25	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Nemertea	Nemertinos	25	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Gastrotricha	Gastrotrícos	325	108	58	25	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Nematoda	Nemátodos	6050	2017	764	6275	2092	2069	1450	483	267	2175	725	152	1700	567	101	2950	983	243
6	Annelida	Poliquetos	29850	9950	3756	5875	1958	1617	1225	408	142	2525	842	138	2200	733	138	4075	1358	509
7	Sipuncularia	Sipuncúlidos	225	75	66	0	0	0	25	8	14	150	50	43	0	0	0	0	0	
8	Arthropoda	Acaros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	17	14
		Ostrácos	25	8	14	75	25	43	25	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Copépodos	175	58	52	550	183	189	400	133	146	475	158	95	125	42	38	975	325	66
		Decápodos	75	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	8	14	0	0	0
		Tanaidáceos	25	8	14	100	33	58	375	125	75	200	67	95	50	17	29	175	58	52
		Isópodos	25	8	14	250	83	123	25	8	14	200	67	58	0	0	0	25	8	14
		Anfípodos	25	8	14	25	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	17	29
9	Mollusca	Aplósíloros	0	0	0	25	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	17	14
		Gasterópodos	100	33	38	25	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	17	29
		Bivalvos	125	42	29	225	75	87	50	17	29	225	75	43	0	0	0	325	108	63
		Eskalópodos	0	0	0	25	8	14	0	0	0	50	17	14	0	0	0	0	0	0
10	Echinodermata	Equinodermos	200	67	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	Chordata	Ascidas	25	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL			37750	12583	5080	13725	4575	4326	3800	1267	812	6000	2000	638	4100	1367	320	8725	2908	834

Apéndice 4. Valores totales, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la biomasa expresada como peso húmedo fijado (phf) en unidades de gramos de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México

Phylum	Taxa	Est.7			Est.6			Est.5			Est.3			Est.2			Est.1		
		Total	$\bar{x}$	d.e.															
1	Sarcomastigophora																		
	Foraminíferos	0.008	0.003	0.001	0.005	0.002	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	Cnidaria																		
	Cnidarios	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	Nemertea																		
	Nemertinos	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	Gastrotrichia																		
	Gastrotrichos	0.003	0.001	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	Nematoda																		
	Nemátodos	0.012	0.004	0.003	0.009	0.003	0.003	0.007	0.007	0.002	0.010	0.010	0.002	0.006	0.006	0.002	0.006	0.006	0.000
6	Annelida																		
	Poliquetos	0.160	0.053	0.029	0.094	0.031	0.026	0.016	0.016	0.005	0.019	0.019	0.005	0.034	0.034	0.007	0.076	0.026	0.000
7	Sipuncula																		
	Sipuncúlidos	0.005	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	Arthropoda																		
	Araros	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Ostrácodos	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Copépodos	0.002	0.001	0.000	0.003	0.001	0.000	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000	0.002	0.002	0.000	0.003	0.003	0.000
	Decápodos	0.480	0.160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Tanaidáceos	0.001	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.008	0.008	0.002	0.002	0.002	0.000	0.018	0.018	0.000	0.007	0.002	0.000
	Isópodos	0.001	0.000	0.000	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
	Anfipodos	0.015	0.005	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
9	Mollusca																		
	Aplacóforo	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000
	Gasterópodos	0.010	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Bivalvos	0.012	0.004	0.000	0.005	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000
	Escafópodo	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	Echinodermata																		
	Equinodermos	0.058	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	Chordata																		
	Ascidias	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>TOTAL</b>		<b>0.772</b>	<b>0.257</b>	<b>0.289</b>	<b>0.135</b>	<b>0.045</b>	<b>0.040</b>	<b>0.040</b>	<b>0.040</b>	<b>0.008</b>	<b>0.043</b>	<b>0.043</b>	<b>0.004</b>	<b>0.060</b>	<b>0.060</b>	<b>0.009</b>	<b>0.014</b>	<b>0.014</b>	<b>0.004</b>

Apéndice 5. Valores totales, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la biomasa del peso húmedo fijado (phf) expresado como  $\text{gphf.m}^{-2}$  de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México

Phylum	Taxa	Est.7			Est.6			Est.5			Est.3			Est.2			Est.1			
		Total	$\bar{x}$	d.e	Total	$\bar{x}$	d.e	Total	$\bar{x}$	d.e	Total	$\bar{x}$	d.e	Total	$\bar{x}$	d.e	Total	$\bar{x}$	d.e	
1	Sarcomastigophora	Foraminíferos	0.20	0.07	0.01	0.13	0.06	0.02	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Cnidaria	Cnidarios	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Nemertea	Nemertinos	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Gastrotrichia	Gastrotríchos	0.08	0.03	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Nematoda	Nemátodos	0.30	0.10	0.09	0.23	0.08	0.09	0.18	0.06	0.04	0.25	0.08	0.05	0.15	0.05	0.04	0.15	0.05	0.00
6	Annelida	Poliquetos	4.00	1.33	0.72	2.35	0.78	0.65	0.40	0.13	0.12	0.48	0.16	0.11	0.85	0.28	0.34	0.65	0.22	0.08
7	Sipuncula	Sipuncúlidos	0.13	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Arthropoda	Acaros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Ostrácodos	0.05	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Copépodos	0.00	0.03	0.00	0.08	0.03	0.00	0.08	0.03	0.00	0.08	0.03	0.00	0.05	0.03	0.00	0.08	0.03	0.00
		Derápodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Tanariáceos	0.00	0.03	0.00	0.00	0.08	0.00	0.20	0.07	0.04	0.00	0.03	0.00	0.45	0.45	0.00	0.03	0.03	0.00
		Isópodos	0.00	0.03	0.00	0.08	0.04	0.02	0.00	0.03	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00
		Anfípodos	0.38	0.38	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00
9	Mollusca	Aplacóforo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00
		Gasterópodos	0.00	0.13	0.11	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Bivalvos	0.30	0.10	0.13	0.13	0.04	0.03	0.03	0.03	0.00	0.08	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.03	0.00
		Escalopodo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Echinodermata	Equinodermos	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Chordata	Ascidas	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL			5.50	15.78	1.11	2.98	1.43	0.80	0.93	0.41	0.70	1.03	0.39	0.16	0.50	0.8	0.08	1.08	0.42	0.08

Apéndice 6. Valores totales, promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (d.e.) de la biomasa en unidades de gC.m<sup>-2</sup> de la macrofauna en las estaciones de muestreo en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México (constante de transformación usada 3.4% por unidades de phf según Rowe, 1983)

Phylum	Taxa	Est.7			Est.6			Est.5			Est.3			Est.2			Est.1		
		Total	$\bar{x}$	d.e.	Total	$\bar{x}$	d.e.	Total	$\bar{x}$	d.e.	Total	$\bar{x}$	d.e.	Total	$\bar{x}$	d.e.	Total	$\bar{x}$	d.e.
1	Sarcomastigophora	Foraminíferos	0.14	0.05	0.03	0.08	0.03	0.04	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Cnidaria	Cnidarios	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Nemertea	Nemertinos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	Gastrotrichia	Gastrotricos	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	Nematoda	Nemátodos	0.12	0.04	0.02	0.06	0.02	0.01	0.14	0.05	0.04	0.24	0.08	0.05	0.14	0.05	0.04	0.11	
6	Annelida	Poliquetos	3.53	1.18	0.82	1.08	0.36	0.29	0.38	0.13	0.10	0.23	0.08	0.05	0.83	0.21	0.14	0.44	
7	Sipuncula	Sipuncúlidos	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	Arthropoda	Acaro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03		
		Ostrácodos	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Copépodos	0.03	0.01	0.01	0.06	0.02	0.01	0.05	0.02	0.01	0.06	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01		
		Decápodos	0.52	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Tanaidáceos	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.19	0.06	0.04	0.03	0.01	0.01	0.49	0.16	0.25		
		Isópodos	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03		
		Anfípodos	0.41	0.14	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03		
9	Mollusca	Aplacóforos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03		
		Gasterópodos	0.22	0.07	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Bivalvos	0.30	0.10	0.09	0.05	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.06		
		Escalópodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00		
10	Echinodermata	Equinodermos	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
11	Chordata	Ascidiás	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
TOTAL			5.56	1.85	1.35	1.37	0.45	0.37	0.85	0.28	0.22	0.70	0.23	0.18	1.29	0.43	0.83		

Apéndice 7. Correlación entre los factores ambientales y el número de Phyla, abundancia, densidad (ind.m<sup>-2</sup>) y biomasa (gC.m<sup>-2</sup>) de la macrofauna en el Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México

	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg.l <sup>-1</sup> )	Clorofila <i>a</i> (µg.cm <sup>-3</sup> )	Tamaño de grano			% Carbono orgánico	% Nitrógeno orgánico	% Carbonatos	Número de taxa	Abundancia	Densidad (ind.m <sup>-2</sup> )	Biomasa (gC.m <sup>-2</sup> )
					% Arenas	% Limos	% Arcillas							
Profundidad (m)	0.00	-0.82	0.64	-0.93	-0.96	0.14	0.30	-0.92	0.03	0.92	0.84	0.64	-0.81	-0.73
Temperatura (°C)	-0.82	0.00	-0.43	0.68	0.88	0.24	0.19	0.92	0.77	0.92	0.93	0.99	0.99	0.98
Oxígeno disuelto (mg.l <sup>-1</sup> )	0.64	-0.43	0.00	-0.62	-0.64	-0.23	-0.48	0.48	0.57	-0.45	-0.25	-0.46	0.36	-0.42
Clorofila (µg.cm <sup>-3</sup> )	-0.93	0.68	-0.62	0.00	0.95	0.36	-0.71	0.90	0.10	0.90	0.67	0.70	0.76	0.57
% Arenas	-0.96	0.88	-0.64	0.95	0.00	0.16	-0.16	0.98	-0.02	0.98	0.78	0.89	0.88	0.80
% Limos	-0.14	0.24	-0.23	0.36	0.36	0.00	0.40	0.78	-0.77	0.38	-0.02	0.26	0.37	0.77
% Arcillas	0.30	-0.19	-0.48	-0.71	-0.16	0.40	0.00	-0.25	-0.54	-0.75	-0.59	-0.20	0.23	-0.08
% Carbono orgánico	-0.92	0.92	0.48	0.90	0.98	0.38	-0.25	0.00	0.13	0.99	0.84	0.93	0.94	0.85
% Nitrógeno orgánico	0.03	0.22	0.57	-0.10	-0.02	-0.37	-0.54	0.13	0.00	0.13	0.32	0.15	0.26	0.25
% Carbonatos	-0.92	0.92	-0.48	0.90	0.98	0.38	-0.25	0.99	0.13	0.00	0.84	0.93	0.94	0.85
Número de taxa	-0.81	0.93	-0.25	0.61	0.78	-0.02	-0.49	0.84	0.32	0.84	0.00	0.94	0.91	0.89
Abundancia	-0.84	0.99	-0.46	0.70	0.89	0.76	0.70	0.93	0.15	0.93	0.94	0.00	0.99	0.97
Densidad (ind.m <sup>-2</sup> )	-0.81	0.99	-0.36	0.70	0.88	0.32	0.23	0.94	0.26	0.94	0.94	0.99	0.00	0.97
Biomasa (gC.m <sup>-2</sup> )	-0.73	0.98	-0.42	0.57	0.80	0.21	-0.08	0.85	0.25	0.85	0.89	0.97	0.97	0.00

## AGRADECIMIENTOS

Además de estar dedicado este trabajo a las personas más importantes de mi vida, deseo agradecerles, sobretudo, a mis padres y hermanos, quienes han sido y serán el mejor apoyo que he tenido y tendré siempre, por la educación que me han brindado, su esfuerzo, cariño y compañía a lo largo no solo de mi carrera, sino también de toda mi vida.

Gracias, en especial y con mucho cariño a mis amigas Lili y Miriam, por todo el apoyo incondicional que me han brindado.

A mis profesores de la Facultad de Ciencias a la Dra. Azucena Herroz Zamorano y el Dr. Guillermo Salgado Maldonado por la revisión del manuscrito y sus valiosos comentarios; al M. en C. Alberto Urotegüi, M. en C. Alejandro Martínez Mena, a los técnicos Biol. Rita, Biol. Jorge, Biol. Pablo, por sus conocimientos y apoyo durante la carrera.

Al Dr. David Salas de León, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, quien sin saberlo me ayudó a realizar uno de mis sueños, y por la revisión del manuscrito; así como a la Dra. Adela Monreal Gómez, Instituto De Ciencias del Mar Y Limnología, por la revisión del manuscrito y sus valiosos comentarios.

A todas mis compañeras y compañeros de laboratorio, al Dr. Luis Soto, por el espacio físico y facilidades otorgadas, a la Dra. Elva Escobar para la realización de esta tesis.

A la tripulación del Buque Oceanográfico Justo Sierra.

Y a todas las personas que saben que contribuyeron de una u otra forma para la realización de este trabajo, por si olvidé mencionarlas no se sientan menos.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

*El fracaso es la incapacidad del hombre de alcanzar sus metas en la vida cualquiera que sean.*

*O.G. Mandino*

*El éxito es la adquisición progresiva de un ideal digno.*

*Earl Nightingale*